

UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

1931-1932. — N° 219

LES  
PHOSPHATES DANS LES EAUX POTABLES  
LEUR ORIGINE ET LEUR SIGNIFICATION

THÈSE POUR LE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

MENTION « PHARMACIE »

*présentée et soutenue publiquement le Vendredi 8 Juillet 1932*

PAR

**Renée-Louise FONTAINE**

PHARMACIEN DE LA FACULTÉ DE STRASBOURG

Née à MILLAU (Aveyron), le 17 décembre 1906.

Examineurs de la Thèse

|                              |                   |
|------------------------------|-------------------|
| MM. CHELLE, professeur ..... | <i>Président.</i> |
| DUBREUIL, professeur .....   | <i>Juges.</i>     |
| GOLSE, professeur .....      |                   |
| VITTE, agrégé .....          |                   |

BORDEAUX  
IMPRIMERIE DE L'UNIVERSITÉ  
Y. CADORET  
3, PLACE SAINT-CHRISTOLY, 3

1932







UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

1931-1932. — N° 219

LES  
PHOSPHATES DANS LES EAUX POTABLES  
LEUR ORIGINE ET LEUR SIGNIFICATION

THÈSE POUR LE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX  
MENTION « PHARMACIE »

*présentée et soutenue publiquement le Vendredi 8 Juillet 1932*

PAR

**Renée-Louise FONTAINE**

PHARMACIEN DE LA FACULTÉ DE STRASBOURG

Née à MILLAU (Aveyron), le 17 décembre 1906.

|                        |   |                             |                   |
|------------------------|---|-----------------------------|-------------------|
| Examineurs de la Thèse | { | MM. CHELLE, professeur..... | <i>Président.</i> |
|                        |   | DUBREUIL, professeur.....   | <i>Juges.</i>     |
|                        |   | GOLSE, professeur.....      |                   |
|                        |   | VITTE, agrégé .....         |                   |

BORDEAUX  
IMPRIMERIE DE L'UNIVERSITÉ  
Y. CADORET  
3, PLACE SAINT-CHRISTOLY, 3

1932

# FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE BORDEAUX

M. SIGALAS..... Doyen.

## PROFESSEURS HONORAIRES :

MM. POUSSE, MOURE, PRINCETEAU, W. DUBREUILH, RIVIÈRE,  
BARTHE, DENIGÈS, AUCHÉ.

## PROFESSEURS

MM.

Clinique médicale..... MAURIAC.  
id..... CASSAET.  
Clinique chirurgicale..... CHAVANNAZ.  
id..... BÉGOUIN.  
Pathologie et thérapeutiques générales... CARLES.  
Clinique d'accouchements..... ANDÉRODIAS.  
Anatomie pathol. et microscopie clinique. SABRAZÈS.  
Anatomie..... VILLEMIN.  
Anatomie générale et histologie..... G. DUBREUIL.  
Physiologie..... PACHON.  
Hygiène..... LEURET.  
Médecine légale et déontologie..... LANDE.  
Electroradiologie et clin. d'électricité médie. HÉCHOU.  
Chimie..... CHELLE.  
Botanique et matière médicale..... BEILLE.  
Pharmacie..... DUPOUY.

MM.

Zoologie et parasitologie..... MANDOUL.  
Médecine expérimentale..... DUPÉRIÉ.  
Clinique ophtalmologique..... TEULIÈRES.  
Clinique chirurg. infantile et orthopédie.. ROCHER.  
Clinique gynécologique..... GUYOT.  
Clinique méd. des maladies des enfants... CRUCHET.  
Chimie biologique et médicale..... DELAUNAY.  
Physique médicale et pharmaceutique..... SIGALAS.  
Médéc. coloniale et clin. des mal. exotiques. BONNIN.  
Clinique des malad. cutanées et syphilitiques PETGES.  
Clinique des maladies des voies urinaires. DUVERGEY.  
Clinique des malad. nerveuses et mentales. ABADIE.  
Clinique d'oto-rhino-laryngologie..... PORTMANN.  
Toxicologie et hygiène appliquée..... LABAT.  
Hydrologie thérapeutique et climatologie.. SELLIER.  
Clinique dentaire..... CAVALIÉ.

MM MICHELEAU (Médecine générale). MURATET (Anatomie pathologique). GOLSE (Pharmacie).  
LACOSTE (Histologie).

## AGRÉGÉS EN EXERCICE :

MM.

Anatomie..... DUBECQ.  
id..... DUFOUR.  
Physiologie..... FABRE.  
Parasitologie et sciences naturelles..... R. SIGALAS.  
Médecine générale..... CREYX.  
id..... AUBERTIN.  
id..... DAMADE.  
id..... PIÉCHAUD.  
id..... DELMAS-MARSALET.  
Maladies mentales..... PERRENS.

MM.

Chirurgie générale..... PAPIN.  
id..... JEANNENEY.  
id..... CHARRIER.  
id..... LOUBAT.  
Obstétrique..... PERY.  
id..... RIVIÈRE.  
Ophtalmologie..... BEAUVIEUX.  
Dermatologie et syphiligraphie..... JOULIA.  
Chimie générale pharmaceut. et toxicologie. VITTE.

## COURS COMPLÉMENTAIRES :

MM.

Médecine opératoire..... PAPIN.  
Physiologie..... FABRE.  
Accouchements..... RIVIÈRE.

MM.

Puériculture..... FAUGÈRE.  
Démonstrations et préparations pharmac.. GOLSE.  
Zoologie et parasitologie..... R. SIGALAS.

Ophtalmologie..... MM. { CABANNES (en congé).  
Orthopédie chez l'adulte, pour les accidentés du travail, les mutilés de guerre et les infirmes. N. BEAUVIEUX (chargé).  
Cours complémentaire annexe. — Prothèse et rééducation professionnelle..... GOURDON.  
id..... Clinique dentaire..... DELGUEL.

Par délibération du 5 août 1879, la Faculté a arrêté que les opinions émises dans les Thèses qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle entend ne leur donner ni approbation ni improbation.

A MES PARENTS

---

MEIS ET AMICIS

A MES MAITRES DE LA FACULTE

A MONSIEUR LE PROFESSEUR F. JARDIN

*Doyen de la Faculté de Pharmacie de Strasbourg.*

*Professeur de Pharmacie chimique.*

A MONSIEUR LE PROFESSEUR LOBSTEIN

*Professeur de Matière médicale et d'Hygiène*

*à la Faculté de Pharmacie de Strasbourg.*

Hommages respectueux.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR G. DUBREUIL

*Professeur d'Anatomie générale et d'Histologie à la Faculté de médecine  
et de Pharmacie de Bordeaux.*

*Directeur de l'Institut Pasteur de Bordeaux,  
Chevalier de la Légion d'honneur,  
Officier de l'Instruction publique.*

---

A MONSIEUR LE PROFESSEUR A. LABAT

*Professeur de Toxicologie et d'Hygiène appliquée,  
Pharmacien des Hôpitaux,  
Chevalier de la Légion d'honneur,  
Officier de l'Instruction publique.*

A MON PRESIDENT DE THESE

MONSIEUR LE PROFESSEUR CHELLE

*Professeur de Chimie à la Faculté de médecine et de pharmacie  
de Bordeaux,  
Chevalier de la Légion d'honneur,  
Officier de l'Instruction publique.*

Témoignage de profonde reconnaissance  
pour l'honneur qu'il nous a fait en  
acceptant la présidence de cette thèse.

## AVANT-PROPOS

---

Au terme de notre carrière estudiantine, nos regards se reportent en arrière et se tournent avec regrets vers tous ceux, maîtres, amis et collaborateurs, dont la bienveillance et une patiente sollicitude nous ont guidée pas à pas au cours des années passées à la Faculté.

Que M. le Professeur Chelle, qui nous a proposé le sujet de ce travail, et M. le Professeur Dubreuil, qui a bien voulu nous permettre l'accès de l'Institut Pasteur, reçoivent ici l'expression de notre respectueuse reconnaissance.

Nos remerciements vont aussi à M. le Professeur Labat, qui nous a accueillie dans son laboratoire avec une paternelle bienveillance. Nous l'assurons de notre profond dévouement.

M. Daguin, Professeur de géologie, et M. le Docteur Castex, expert géologue, ont bien voulu nous éclairer de leurs judicieux conseils et contribuer pour une large part à la réalisation de ce travail, nous les prions de trouver ici l'expression de notre bien vive gratitude.

Nous tenons en outre à présenter à M. Jadin, Doyen de la Faculté de pharmacie de Strasbourg, et à M. le Professeur Lobstein, qui nous ont toujours témoigné une affectueuse bienveillance, l'affirmation de notre inaltérable reconnaissance.

---



LES

# PHOSPHATES DANS LES EAUX POTABLES

LEUR ORIGINE ET LEUR SIGNIFICATION

---

## INTRODUCTION

---

Aucun ouvrage ne mentionne de travaux sérieux et suivis sur la recherche et la signification des phosphates dans les eaux, sans doute à cause de leur faible teneur et des méthodes d'analyse qui étaient peu sensibles et insuffisamment rapides pour un examen de laboratoire.

Hehner [20] et Harvey [49] concentraient une grande quantité d'eau et dosaient les phosphates pondéralement à l'état de phospho-molybdate d'ammonium. Toutes les méthodes pondérales ont été rejetées par suite de la longue durée d'analyse.

La *méthode colorimétrique* est mieux adaptée pour cette détermination.

De très nombreux procédés ont été proposés, procédés basés sur la coloration donnée à une solution diluée de phosphates par le molybdate d'ammonium en présence d'acide nitrique en éliminant la coloration produite par les silico-molybdates;

soit en éliminant la silice elle-même; soit encore par des moyens de colorations différentielles, le silico-molybdate donnant des intensités de coloration variant avec les conditions d'analyse, tandis que l'intensité de coloration due au phospho-molybdate est toujours la même dans les conditions précédentes [36].

Oswald Schreiner précipite les phosphates à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien. Le précipité lavé est redissous dans l'acide azotique, et l'acide phosphorique est dosé colorimétriquement à l'état de phospho-molybdate.

Dans toutes ces déterminations, on opère en comparant la teinte obtenue avec celle d'un témoin constitué par l'eau distillée qui a servi à faire les dilutions, surtout si cette eau est restée longtemps dans un récipient en verre.

Plus récemment, d'autres méthodes, beaucoup plus pratiques, ont été proposées :

1° Le procédé de *Denigès-Florentin*, qui utilise comme réactif une solution sulfurique de molybdate d'ammonium et une solution de chlorure d'étain-II; le molybdate réduit donne avec l'acide phosphorique un complexe de couleur bleue;

2° Le procédé *céruléo-molybdique* de Denigès, également basé sur l'emploi du molybdate d'ammonium [8].

C'est cette dernière méthode que nous avons utilisée, méthode très sensible, la coloration bleue étant la plus visible.

Comparativement à cette recherche, nous avons déterminé les principaux éléments chimiques et pratiqué l'analyse bactériologique, qui est le seul moyen de connaître avec certitude si l'eau a été contaminée.

Avant d'aborder cette question, il nous a paru nécessaire de la faire précéder d'une étude géologique sommaire du Bassin d'Aquitaine et des transformations subies par les eaux pénétrant dans la profondeur du sous-sol. Cette étude, pouvant nous donner des renseignements précieux quant à l'origine des phosphates, nous a amené à les rechercher dans le sous-sol, travail précédé de l'enquête géologique sur place et suivi de l'analyse des sources correspondantes.

Les conclusions résument en quelques mots le résultat pratique que nous avons pu tirer de ce travail, les recherches faites nous ont permis de comparer la valeur des analyses bactériologiques, chimiques et de l'enquête géologique au point de vue de la détermination de la potabilité.

---

## CHAPITRE PREMIER

### ETUDE GEOLOGIQUE DU BASSIN D'AQUITAINE <sup>[1]</sup>

---

Le Bassin d'Aquitaine forme une unité tant au point de vue géologique qu'au point de vue géographique. La géologie de ce Bassin est très simple : un remplissage de terrains tertiaires et quaternaires ayant la forme d'un triangle rectangle, dont un des côtés s'appuie sur la côte de l'Atlantique et l'autre sur les Pyrénées, auréolé d'une bande de terrains jurassiques et crétaciques. Toutes ces couches s'inclinent vers l'ouest et le sud-ouest, et du côté pyrénéen vers le nord. Ancienne aire d'ennoyage, le Bassin d'Aquitaine, de nature franchement marine pour le jurassique et le crétacé, passe, pour le tertiaire, à des formations d'eau douce ou terrestre vers la bordure orientale. Cela est dû à l'assèchement progressif du Bassin; par suite, du côté de l'Océan, il n'existe plus que des formations marines à l'exception du sable des Landes, de formation d'autant plus ancienne que l'épaisseur est plus prononcée.

Ce sont les terrains tertiaires qui couvrent la plus grande étendue. Au nord-est du Bassin, l'écocène, de formation presque exclusivement calcaire à intercalations marneuses.

Entre la Dordogne et la Garonne, l'oligocène calcaire et marneux, calcaire à Astéries, calcaire blanc de l'Agenais. Plus au sud et à l'ouest, les mollasses miocènes recouvrant les marnes lacustres de l'Armagnac. Seul le dépôt de sable des Landes est de formation pliocène, vestige de la mer Mio-

---

(1) Je dois à l'obligeance de M. le Docteur Castex les renseignements géologiques qui m'ont facilité la réalisation de ce travail.

cène. Ce sable est superposé à l'alias, couche dure, imperméable, formée de grains quartzeux agglutinés par des matières organiques et par un ciment d'oxyde de fer, reposant sur du sable blanc aquifère.

De nombreux plis anticlinaux sont disposés en éventail entre le Massif central et les Pyrénées, certains remontent à la surface à travers le tertiaire, pour apparaître à Saint-Seyer et à Cabanac-Villagrains sous forme de protubérances crétacées, dessinant trois vallées jouant un rôle très important en hydro-géologie.

Les nappes aquifères y sont plus localisées et, par suite, plus difficiles à décrire que dans le Bassin de Paris, par exemple, où ces couches sont plus continues et ne procèdent pas à de nombreux passages latéraux.

*Les nappes aquifères* sont conditionnées par la géologie et par la topographie.

Au point de *vue géologique*, il existe au contact d'une couche perméable et imperméable une nappe d'eau d'autant plus abondante que la couche imperméable est étendue et constante et la couche supérieure sus-jacente perméable.

Au point de *vue topographique*, les sources jaillissent en solutions de continuité, qui coupent soit horizontalement (vallées, coteaux, etc.), soit perpendiculairement (puits, puits artésiens, carrières), les nappes aquifères.

— Nous étudierons successivement :

1° Les sources de la bordure ancienne du Bassin d'Aquitaine;

2° Les sources du jurassique;

3° Les sources crétacées;

4° Les sources tertiaires.

1° La nappe aquifère, qui alimente les sources *de la bordure ancienne* du Bassin, se trouve à la base de l'arène provenant de la démolition sur place de la roche cristalline (granit, micaschistes, etc.) sous-jacente. Ce sont des sources innombrables de faible débit et de bonne qualité, mais super-

ficielles, car le granit se trouve très près de la surface, d'où la nécessité d'un vaste périmètre de protection.

2° *La bordure jurassique* est presque entièrement constituée par un calcaire fissuré où abondent les solutions de continuité (grottes, cavernes, puits.). En conséquence, les sources sont très rares, abondantes, du type vauclusien, ce sont des résurgences, leurs eaux non filtrées doivent être tenues pour suspectes. Un périmètre de protection serait illusoire et inefficace. Ces sources jaillissent généralement dans les vallées, à la base des terrains calcaires où il existe une intercalation argileuse.

3° *Le crétacé inférieur* est absent dans le Bassin d'Aquitaine. Le crétacé supérieur est composé de zones très variables.

Le *cénomani* est formé par des sables et des calcaires très perméables contenant la zone possédant la plus forte nappe aquifère qui alimente les principaux puits artésiens du nord du Bassin.

Le *turonien* et le *sénonien* sont représentés par des calcaires fissurés très perméables, aussi les sources, très rares, volumineuses et suspectes, siègent dans les vallées au niveau des fleuves.

4° *Le tertiaire*, abondant en formations variées; les niveaux aquifères sont très nombreux, les plus constants se trouvent localisés dans les formations suivantes :

a) dans le *lutétien supérieur* (4° subdivision de l'éocène); c'est la nappe la plus profonde des puits artésiens du Bordelais (Abatilles);

b) dans les *calcaires priaboniens* (6° subdivision de l'éocène); cette nappe alimente la plupart des puits du Médoc.

c) dans les *calcaires à Astéries* (oligocène), calcaire assez épais pour contenir le plus beau niveau de la région;

d) dans les *sables aquitaniens* (oligocène);

e) Dans les *sables miocènes*.

Parmi les zones aquifères des *passages latéraux*, nous pouvons citer les zones aquifères qui se trouvent à la base des

sables du Périgord, des calcaires de Castillon et de l'Agenais.

5° Parmi les formations *quaternaires*, les deux principaux niveaux aquifères se trouvent :

a) dans le sable des Landes et des dunes;

b) dans les alluvions.

Dans *le sable des Landes et des dunes*, qui appartiennent à deux âges et à deux types différents, il existe une nappe phréatique, qui épouse en les attenant les ondulations du sol. L'eau en est excellente.

Les *alluvions*, qui colmatent les principales vallées du Bassin, sont parcourues par un cours d'eau souterrain provenant à la fois de l'eau de la rivière, des pluies, des coteaux, et doublant en quelque sorte le cours d'eau. Les alluvions constituent un bon filtre; l'eau en est très pure.

---

## CHAPITRE II

### ACTION PHYSIQUE ET CHIMIQUE DE L'EAU DANS LES TERRAINS CONTAMINATION ET EPURATION

---

#### Cycle de l'eau.

L'eau météorique [27], après sa précipitation sur le sol, prendra trois voies différentes :

- a) une partie retournera dans l'atmosphère par *évaporation*;
- b) si le sol est imperméable, elle *ruissellera* à sa surface le long de la pente;
- c) tandis qu'en un lieu perméable, elle *s'infiltrera* et pénétrera en profondeur dans le sous-sol géologique.

Ce sous-sol géologique reçoit une eau souillée par son passage à travers l'humus ou terre arable des agriculteurs, après un lavage plus ou moins prolongé de la surface de l'écorce terrestre où le travail humain porte son activité.

L'eau s'y charge principalement d'éléments de contamination d'origine organique, se manifestant par la présence de matières organiques et de chlorures à un taux élevé, d'ammoniaque, nitrites, nitrates, phosphates, et l'abondance des germes pathogènes et saprophytes

L'*infiltration* s'effectue avec une rapidité variable suivant la perméabilité qui peut être :

- 1° *directe* dans les terrains d'interstice (sables, graviers, terrains détritiques);

2° *indirecte* dans les terrains de fissure (granit, porphyre, basalte, grès, calcaire) qui ne sont pas perméables par nature, mais présentent des fissures dans lesquelles l'eau pénètre [29].

Des phénomènes biologiques, physiques et chimiques vont jouer le rôle d'épurateurs et de minéralisateurs. Ces deux facteurs sont en fonction de la nature des roches traversées, de leur solubilité et de la durée du contact entre ses éléments [18-II].

Au bout d'un certain temps, elle acquerra une composition chimique qui est à peu près caractéristique du terrain dans lequel elle aura séjourné [11-I].

### Epuration physique et biologique.

Les impuretés solides de l'eau resteront fixées à la surface des particules du terrain, en particulier les matières organiques qui peuvent prendre l'aspect colloïdal, en raison de l'alcalinité de l'eau [11-I].

L'eau dépose peu à peu, les germes pathogènes sont en grande partie éliminés par adsorption. Ceux qui échappent, placés dans un milieu peu nutritif, aux prises avec la concurrence vitale qu'exercent sur eux les saprophytes, disparaissent à leur tour, comme disparaîtront ensuite les bactéries non pathogènes si l'épaisseur du filtre est suffisante [11-II].

Sous l'influence des germes nitrifiants de la terre végétale, les matières organiques et l'ammoniaque sont transformés en nitrites puis en nitrates, terme ultime de l'oxydation.

L'absence de matières organiques, d'ammoniaque et de nitrites, la présence de nitrates seraient donc ainsi la preuve de l'épuration de l'eau dans son passage à travers le sol. Dans les terrains sableux et calcaires où la végétation est abondante, terrains qui conviennent essentiellement aux germes de la nitrification, on voit souvent les nitrates en proportion élevée. L'eau peut être très pure par conséquent et renfer-

mer une forte proportion de nitrates, ces derniers n'étant pas ou peu retenus par le sol. Il ne s'agit pas, dans ce cas, de réactions chimiques mais d'action de contact et d'adhérence comme l'ont démontré Brustheim et Schloesing.

### Réactions chimiques et minéralisation.

L'oxygène des terrains superficiels fait place en profondeur à une quantité croissante de gaz carbonique qui va attaquer les terrains en les dissolvant [6]. Le type des roches perméables et solubles est le calcaire, qui va se fissurer, se diaclaser et se transformer en argile de décalcification, sables et graviers qui colmatent, suivant les cas, les fissures en assurant une filtration plus ou moins parfaite. Les carbonates, entrés en dissolution sous forme de carbonates acides, sont plus tard partiellement décomposés et leurs bases re-précipitées par dégagement de gaz carbonique.

Au contact des terrains calcaires, les phosphates se précipitent à l'état de phosphates tricalciques. Des recherches faites en 1903 par Woodman et Cayvan [36] en Angleterre, ont montré que l'eau potable peut contenir une notable quantité de phosphates même si elle n'a pas été contaminée.

Cette présence peut résulter de l'action de l'eau chargée de  $\text{CO}_2$  traversant les roches et les minerais, particulièrement dans le cas des rivières et des puits. Les terrains granitiques et gneissiques, les régions du Quercy et de Nassau dont le calcaire jurassique et crétacique renferme des poches de phosphorites dont la richesse moyenne en acide phosphorique est de 20 à 30 p. 100, les nodules phosphatés, mélange de phosphate et de carbonate de calcium contenant 25 à 28 p. 100 d'acide phosphorique, de la région de Tebassa en Algérie (dans le crétacé supérieur et à la base de l'éocène) et Gafsa en Tunisie, fournissent de telles eaux [21] (p. 495). Et enfin les terrains tourbeux, l'humus, contiennent souvent des quantités appréciables d'acide phosphorique [37] (p. 245). Mais la quantité entrée en dissolution est toujours minime.

Tandis que les silicates, dont l'eau a rompu les combinaisons par substitution à l'acide de ces composés, de l'acide carbonique, sulfurique, chlorhydrique et nitrique, donneront des corps solubles durables. Une proportion élevée d'anhydride silicique est une preuve d'un séjour prolongé dans le sol.

Les terrains sédimentaires, dont à l'origine la formation a procédé d'extension marine et d'évaporation lagunaire, offrent aux eaux qui y circulent des éléments solubles à froid : les sels sulfatés, anhydrite, ou des terrains gypseux (trias et tertiaire), les chlorures. Il arrive souvent que, dans les régions voisines de la mer, les doses de chlorures soient assez élevées (jusqu'à 1 gramme par litre).

Dans un sol granitique, gneissique et schisteux, l'eau est extrêmement peu minéralisée, mais très pure au point de vue de la potabilité.

D'après un grand nombre d'analyses sur les eaux de drainage, Way [3] a fixé la proportion de substances ayant échappé aux influences des propriétés sélectives du sol.

*Résultats exprimés en milligrammes  
et rapportés à 1 litre d'eau.*

|                                 |                        |
|---------------------------------|------------------------|
| Ammoniaque .....                | De 0,1 à 0,3.          |
| Acide azotique .....            | De 27 à 163.           |
| Acide phosphorique .....        | De 0 à 1,7.            |
| Anhydride silicique .....       | De 6 à 23.             |
| Oxyde de magnésium .....        | De 3 à 35.             |
| Oxyde de calcium .....          | De 33 à 185.           |
| Chlore et acide sulfurique .... | Extrêmement variables. |

Ce qui précède nous laisse entrevoir la difficulté d'interprétation des résultats d'analyses qui vont suivre, en particulier de l'analyse chimique, surtout dans nos régions où les eaux, par suite de la nature du terrain, sont naturellement riches en chlore et assez fortement minéralisées.

## CHAPITRE III

### ANALYSE BACTERIOLOGIQUE

---

L'analyse bactériologique des eaux est le facteur le plus important qui nous guidera pour la détermination du degré de pureté de l'eau.

#### 1° Prélèvement.

Les échantillons ont été prélevés avec le plus grand soin et analysés à l'Institut Pasteur municipal de Bordeaux ou à la Faculté de médecine.

Chaque prélèvement a été approprié au mode de débit de l'émergence. Pour les puits à pompe, l'échantillon est prélevé après avoir fait couler l'eau pendant un bon quart d'heure, de façon à vider complètement la canalisation de l'eau qui y a séjourné. S'il s'agit d'une source à réservoir, ou d'une rivière, le flacon y est plongé tout entier en traversant rapidement la surface pas trop près des rives et du fond.

Les flacons ronds de 250-cm<sup>3</sup> bouchant à l'émeri sont stérilisés après lavage à la solution d'hydroxyde de sodium et rinçage énergique. Pour en faciliter l'ouverture au moment de l'emploi, avant la stérilisation, on met une ficelle entre le goulot et le bouchon et l'on recouvre le tout d'une enveloppe de papier assujettie par une ficelle.

Chaque flacon est enveloppé de papier et introduit à frot-

tement doux dans une boîte métallique, formant gaine de forme cylindrique. Ces boîtes sont introduites dans des caisses portatives doublées de zinc, formant glacière. L'espace compris entre les parois et une enceinte intérieure en zinc destinée à recevoir les boîtes est rempli d'un mélange de glace et de sciure de bois.

Dans ces conditions, la température de l'eau se maintient à une température inférieure à 8 degrés pendant vingt-quatre heures en plein été. Sans ces précautions, les germes pulluleraient avec une grande rapidité. Ainsi Miquel trouve dans l'eau de la Vanne :

48 germes par centimètre cube dès le prélèvement à une température de 15 degrés;

125 germes deux heures après le prélèvement à une température de 20° 6;

38.000 germes un jour après à une température de 21 degrés;

125.000 germes deux jours après à une température de 20° 5;

590.000 germes trois jours après à une température de 22° 5;

Les échantillons sont ensemencés dès leur arrivée au Laboratoire, sinon ils sont conservés en glacière.

## 2° Analyse qualitative.

L'examen bactériologique comprend la recherche qualitative, c'est-à-dire la colimétrie, et la recherche quantitative, ou numération des germes sur gélose et gélatine.

La présence du bacille d'Eberth étant extrêmement difficile et souvent vaine, on considère comme suspecte et dangereuse une eau qui contient un nombre important de colibacilles, hôte normal de l'intestin de l'homme et des animaux.

Pour cette recherche, nous avons utilisé la méthode de Vincent [13] :

SOLUTIONS NÉCESSAIRES.

a) *Eau peptonée à 1 p. 100* : Peptone, 1 gramme; sel marin, 0 gr. 5; Eau, 100 cm<sup>3</sup>.

b) *Eau peptonée à 25 p. 100* : Peptone, 25 grammes; Sel marin, 25 grammes; Eau, 100 cm<sup>3</sup>.

c) *Solution de phénol à 5 p. 100*.

On dispose 3 tubes et 8 ballons, stérilisés, comme tout le matériel utilisé en bactériologie, destinés à recevoir 1, 2, 5, 10, 20, 50 et 100 cm<sup>3</sup> d'eau à analyser. Ce sont les proportions généralement utilisées.

On opère selon les indications du tableau suivant :

|                           | Eau à<br>analyser | Acide phénique en solution à 5 % |       |      |            |       |      |
|---------------------------|-------------------|----------------------------------|-------|------|------------|-------|------|
|                           |                   | En centimètres cubes             |       |      | En gouttes |       |      |
|                           |                   | faible                           | moyen | fort | faible     | moyen | fort |
| Eau peptonée à 1 % :      |                   |                                  |       |      |            |       |      |
| 10 cm <sup>3</sup> .....  | 0,05              | 0,15                             | 0,20  | 0,25 | III        | IV    | V    |
| 10 cm <sup>3</sup> .....  | 0,10              | 0,15                             | 0,20  | 0,25 | III        | IV    | V    |
| 10 cm <sup>3</sup> .....  | 0,20              | 0,15                             | 0,20  | 0,25 | III        | IV    | V    |
| 10 cm <sup>3</sup> .....  | 0,50              | 0,15                             | 0,20  | 0,25 | III        | IV    | V    |
| Eau peptonée à 25 % :     |                   |                                  |       |      |            |       |      |
| 10 cm <sup>3</sup> .....  | 1                 | 0,15                             | 0,2   | 0,25 | III        | IV    | V    |
| 20 cm <sup>3</sup> .....  | 2                 | 0,4                              | 0,5   | 0,6  | VIII       | X     | XII  |
| 20 cm <sup>3</sup> .....  | 5                 | 0,4                              | 0,5   | 0,6  | VIII       | X     | XII  |
| Eau peptonée à 25 % :     |                   |                                  |       |      |            |       |      |
| 0 cm <sup>3</sup> 4 ..... | 10                | 0,15                             | 0,2   | 0,25 | III        | IV    | V    |
| 0 cm <sup>3</sup> 8 ..... | 20                | 0,2                              | 0,4   | 0,50 | IV         | VI    | X    |
| 2 cm <sup>3</sup> .....   | 50                | 0,8                              | 1,    | 1,   | XVI        | XX    | XXIV |
| 4 cm <sup>3</sup> .....   | 100               | 1,52                             | 2,    | 2,   | XXXIV      | XL    | XLV  |

On met à l'étuve à 41 degrés. A cette température et en milieu phéniqué dans les proportions indiquées par Vincent (1 goutte au trentième d'une solution à 5 p. 100 d'acide phénique pour 2 cm<sup>3</sup>), les germes autres que le coli poussent moins bien.

Le milieu se trouble au bout de vingt-quatre à quarante-huit heures.

On réensemence en stries sur gélose pour séparer les ger-

mes qui ont poussé (Coli, Subtilis, Mesentericus). Le coli donne un trouble net et uniforme, le mésentérique donne un trouble léger avec un voile à aspect de mésentère.

Le colibacille forme sur gélose des colonies translucides que l'on identifie en mettant à profit sa propriété de faire fermenter le bouillon lactosé carbonaté. Cette propriété est mise en évidence en mettant au sein du liquide une petite clochette de verre renversée et remplie par le même bouillon à l'aide du vide de l'autoclave; cette clochette, où s'accumulera le gaz, gardera le témoignage de la fermentation dont le milieu sera le siège.

Les cultures en eau peptonée ont été conservées, au bout du troisième jour on fait la réaction de l'indol, le colibacille, en particulier celui d'origine intestinale, dégradant les milieux de peptone et fournissant de l'indol aux dépens du tryptophane qu'il renferme.

L'indol donne une coloration rouge plus ou moins foncée mais très nette avec une solution renfermant 10 cm<sup>3</sup> d'une solution aqueuse de nitrite de sodium à 1 p. 1.000 pour 90 cm<sup>3</sup> d'acide chlorhydrique commercial. On peut employer également le procédé à la vanilline de M. Denigès.

Ce procédé permet de dénombrer facilement les colibacilles. Il peut arriver par exemple que l'on trouve des colibacilles dans les 100 cm<sup>3</sup> d'eauensemencée et dans les 5 cm<sup>3</sup> et pas dans les autres milieux. On conclura qu'il y a au moins 2 colibacilles dans 100 + 50 + 20 + 10 + 5 + 2 + 1 soit 188 cm<sup>3</sup>, approximativement 2 colibacilles pour 200 cm<sup>3</sup>, soit 10 par litre.

### 3° Analyse quantitative.

#### MILIEUX NÉCESSAIRES.

a) *Gélose* : 15 grammes de gélose par litre de bouillon. L'été, il faut 18 à 20 grammes à cause des liquéfactions faciles du milieu.

b) *Gélatine* : 1 litre de bouillon pour 120 grammes de gélatine. 150 à 160 grammes l'été.

Suivant les conditions géologiques plus ou moins favorables, nous avons fait desensemencements à partir de 1 dixième de centimètre cube (cas le plus fréquent) et de 1 cm<sup>3</sup>.

a) *Ensemencement en gélose*. — Un dixième de centimètre cube est introduit dans deux fioles plates de Roux de 1 litre stérilisées à l'avance. Le contenu d'un tube de gélose fondue et suffisamment refroidie (une température trop élevée détruirait les germes trop fragiles) est versé dans l'une d'elles, auquel on imprime un mouvement de va-et-vient afin que le mélange soit parfaitement homogène et les germes uniformément répartis. On met à l'étuve à 37 degrés.

La culture est pratiquement terminée du troisième au cinquième jour. Mais le nombre des germes trouvé est inférieur à celui que l'on trouve en ensemençant sur gélatine. La plus grande partie des bactéries de l'eau qui sont des espèces banales préfèrent les températures basses. Il faut surveiller la culture et pratiquer la numération tous les jours, surtout si l'on voit que le milieu va être envahi par le *B. Proteus*.

b) *Ensemencement en gélatine*. — On opère comme précédemment, en versant la gélatine refroidie sur l'eau à analyser. Le milieu est abandonné à la température du laboratoire (15 degrés) la gélatine se solidifiant à basse température.

Les colonies n'apparaissent nettement que vers le deuxième jour. Les nouvelles colonies sont comptées tous les jours, en notant à part les colonies liquéfiantes qui ont une signification particulière. Elles sont en général formées de bacilles de la putréfaction.

Souvent le développement des colonies liquéfiantes, comme l'envahissement du milieu par le *B. proteus*, ne permet pas à l'expérience de se poursuivre jusqu'à ce que toutes les colonies se soient suffisamment développées pour être visibles dans les conditions habituelles (délai de quinze jours au minimum). Dans ce cas, on utilise, pour rétablir les faits dans

le cadre de l'observation des quinze jours, les coefficients indiqués par Miquel ou Vincent.

#### 4° Interprétation.

La colimétrie terminée, le nombre des germes ayant été évalué, il s'agit de conclure si l'eau à examiner est potable, suspecte de contamination, par conséquent à surveiller, ou nettement mauvaise.

En ce qui concerne le *Bacillus Coli*, H. Vincent [43] propose les estimations suivantes :

|         |                            |                                                                                                                      |
|---------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 à     | 10 coli par litre ....     | Eau pure ou très pure.                                                                                               |
| 10 à    | 50 coli par litre ....     | Eau d'assez bonne qualité.                                                                                           |
| 50 à    | 100 coli par litre ....    | Eau passable ou médiocre à surveiller.                                                                               |
| 100 à   | 1.000 coli par litre ....  | Eau suspecte. Tantôt en période d'infiltration légère, tantôt au début ou au déclin d'une contamination plus grande. |
| 1.000 à | 10.000 coli par litre .... | Eau mauvaise ou très mauvaise. Impropre à la boisson.                                                                |

Une eau peut ne pas contenir de colibacilles, mais être mauvaise par suite de sa trop forte teneur en germes. L'échelle de Miquel permet le classement des eaux d'après leur teneur en bactéries.

|                              |                    |                                         |
|------------------------------|--------------------|-----------------------------------------|
| Eau excessivement pure ..... | 0 à                | 10 bactéries par cm <sup>3</sup> .      |
| Eau très pure .....          | 10 à               | 100 bactéries par cm <sup>3</sup> .     |
| Eau pure .....               | 100 à              | 1.000 bactéries par cm <sup>3</sup> .   |
| Eau médiocre .....           | 1.000 à            | 10.000 bactéries par cm <sup>3</sup> .  |
| Eau impure .....             | 10.000 à           | 100.000 bactéries par cm <sup>3</sup> . |
| Eau très impure .....        | 100.000 et au delà | bactéries par cm <sup>3</sup>           |

Ces résultats étant en fonction de la filtration que le sol impose aux filets liquides ne doivent pas être pris à la lettre.

Ainsi trouver 100 germes au centimètre cube dans une eau sortant de terrain calcaire indique une nappe bien protégée, alors que le même chiffre dans des sources issues de territoires sableux témoigne d'une certaine pollution. Les terrains d'alluvions donnent le plus souvent des eaux riches en germes, soit en raison de la nature des matériaux, soit

du fait que la densité du peuplement augmente dans les vallées.

De même une période pluvieuse fait accroître le nombre de germes saprophytes, alors que le taux des colibacilles reste à peu près constant. D'une manière générale, on considère comme potable une eau qui renferme moins de 1.000 germes par  $\text{cm}^3$  et moins de 50 coli par litre.

---

## CHAPITRE IV

### ANALYSE CHIMIQUE ET INTERPRETATION

---

#### A. — Analyse chimique.

Les récipients sont d'une rigoureuse propreté, lavés à la solution d'hydroxyde de sodium et à l'hypochlorite de sodium, puis soigneusement rincés. L'eau est prélevée dans des bouteilles d'un litre (deux litres sont suffisants pour une analyse courante) bouchées au liège neuf ou mieux avec des bouchons de caoutchouc. Le prélèvement n'exige pas les mêmes précautions que pour l'analyse bactériologique, mais il faudra avoir soin, toutefois, de rincer préalablement deux à trois fois le récipient et les bouchons avec l'eau à analyser pour éviter toute cause d'erreur possible.

Si l'eau est trouble au moment du prélèvement, l'analyse sera faite après l'avoir débarrassée de son dépôt. Le plus souvent, dans notre région, ce trouble se produit au moment des pluies, les précipitations atmosphériques entraînent l'argile des canalisations qui passe en suspension colloïdale.

Au contraire, si l'eau claire au moment du prélèvement devient trouble, il est nécessaire de faire porter l'analyse sur l'eau préalablement agitée, afin de répartir uniformément le trouble dans toute sa masse.

L'analyse a été pratiquée [9] dès l'arrivée de l'échantillon au laboratoire en commençant par les éléments susceptibles de se transformer, c'est-à-dire les matières organiques, l'ammoniaque et les nitrites.

RÉSIDU FIXE A 120 DEGRÉS. — On évapore peu à peu au bain-

marie 150 cm<sup>3</sup> d'eau dans une capsule de platine tarée. Le résidu obtenu est desséché à l'étuve à 110 degrés pendant quatre heures. On pèse après refroidissement dans un dessiccateur.

RÉSIDU FIXE AU ROUGE. — Le résidu à 110 degrés est porté au rouge faible jusqu'à obtention de cendres blanches.

LA PERTE AU ROUGE est susceptible de donner des indications dans la proportion de matières organiques contenues dans l'eau examinée.

MATIÈRES ORGANIQUES. — Dosage basé sur la différence d'oxydation des matières organiques par le permanganate dans deux échantillons de 100 et 200 cm<sup>3</sup>. On titre par retour avec une solution de Mn O<sup>4</sup>K N/100 la solution de sulfate de fer II et d'ammonium non réduite par le permanganate qui n'a pas été oxydé par les matières organiques.

AMMONIAQUE. — Une coloration jaune paille avec le réactif de Nessler indique une proportion voisine de 0 mg. 2 de NH<sup>3</sup> par litre.

Une coloration jaune orangé indique plus de 0 mg. 2; si la quantité de NH<sup>3</sup> est forte, le réactif de Nessler fait apparaître un trouble brun orangé.

Dans ces deux derniers cas, nous avons dosé l'ammoniaque saline et l'ammoniaque organique.

*Dosage de l'ammoniaque saline* : distiller 250 cm<sup>3</sup> d'eau en présence d'une pincée de carbonate de soude fraîchement calciné. Recueillir deux fois 50 cm<sup>3</sup> de distillat. Ajouter à chaque portion 1 cm<sup>3</sup> du réactif de Nessler et doser par Nesslerisation.

*Dosage à l'ammoniaque organique* :

On laisse refroidir le ballon ayant servi à la distillation précédente et on ajoute au résidu 25 cm<sup>3</sup> de la solution suivante :

|                           |                         |
|---------------------------|-------------------------|
| Mn O <sup>4</sup> K ..... | 8 grammes.              |
| HOK .....                 | 200 grammes.            |
| Eau distillée .....       | 1.000 cm <sup>3</sup> . |

On distille et on recueille encore deux prises de 50 cm<sup>3</sup> avec lesquelles on pratique un dosage de NH<sup>3</sup> comme plus haut.

NITRITES. — La présence des nitrites a été constatée par le réactif hydro-strychnique de Denigès, préparé par hydrogénation de la strychnine sous l'influence du zinc et de l'acide chlorhydrique. Ce réactif donne une coloration variant du rose au rouge avec les nitrites.

NITRATES. — Nous avons évalué approximativement les nitrates à l'aide d'une solution sulfurique de diphénylamine.

Dans un tube, on met deux à trois gouttes de réactif additionnées de 2 cm<sup>3</sup> d'acide sulfurique pur, en faisant couler quelques gouttes d'eau à essayer le long de la paroi, il se produit un anneau bleu à la surface de séparation. Cette couleur se répand dans le liquide par agitation avec une intensité proportionnelle à la concentration.

CHLORURES. — Méthode classique de Mohr.

SULFATES. — On commence par se rendre compte si l'eau donne un louche avec la liqueur de Marty. Quand le louche est relativement intense, on cherche si la limite de 0 g. 050 imposée par le Comité consultatif d'hygiène, en juin 1902, est dépassée.

On opère sur 20 cm<sup>3</sup> d'eau avec la liqueur de Marty additionnée de son volume d'eau distillée contenant le vingtième de son volume d'acide chlorhydrique.

Il faut 0 cm<sup>3</sup> 26 de cette liqueur pour 20 cm<sup>3</sup> d'eau. Si le liquide filtré après ébullition contient encore du barium, il y a moins de 0 g. 050 de sulfate de calcium par litre (exactement 0 g. 0508).

ALCALINITÉ. — L'alcalinité est exprimée en carbonate de calcium. On l'apprécie à l'aide de SO<sup>4</sup>H<sup>2</sup> N/10 en présence de teinture de cochenille, qui vire à pelure d'oignon.

OXYDE DE CALCIUM. — On titre la chaux à l'état d'oxalate avec une solution de MnO<sup>4</sup>K N/10.

ANHYDRIDE SILICIQUE ( $\text{SiO}_2$ ). — La silice en solution donne avec le molybdate d'ammoniaque, et en milieu sulfurique, une coloration jaune due à la formation d'un acide silico-molybdique :  $\text{Si O}_2.12.\text{MoO}_3$ .

La teinte obtenue est comparée à une solution étalon d'acide picrique donnant une teinte équivalente à celle que donnerait une solution à 50 p. 1.000 mg. de  $\text{SiO}_2$ .

Dans les eaux qui contiennent de l'acide phosphorique, il faut précipiter ce dernier par la liqueur magnésienne. Si l'acide phosphorique exprimé en  $\text{P}_2\text{O}_5$  est inférieur à 2 mg. par litre, il est sans influence.

DEGRÉ HYDROTIMÉTRIQUE. — Les sels magnésiens et calcaires sont évalués approximativement avec la liqueur de savon selon la formule de Courtonne.

Le degré A ou degré hydrotimétrique total correspond à la dureté ou quantité de carbonates et sulfates de calcium et de magnésium.

Par ébullition, le carbonate de calcium précipite, un nouveau titrage nous donne le degré C ou degré permanent.

PHOSPHATES. — Méthode céruléo-molybdique de Denigès (8-III) :

Cette méthode est basée sur l'emploi de deux réactifs molybdeux et molybdique. On utilise une solution sulfurique de molybdène qui, en présence de tournure de cuivre, se réduit en donnant du bioxyde de molybdène, qui est salifié par l'acide phosphorique en donnant une coloration bleue à l'ébullition.

#### *Réactifs nécessaires.*

##### *I. — Réactif sulfo-molybdique :*

|                                                |                       |
|------------------------------------------------|-----------------------|
| Molybdate d' $\text{NH}_4$ .....               | 10 g.                 |
| Eau distillée .....                            | 100 cm <sup>3</sup> . |
| $\text{SO}_4\text{H}_2$ concentré et pur ..... | 100 cm <sup>3</sup> . |

##### *II. — Réactif sulfo-molybdique dilué au quart.*

III. — Réactif sulfo-molybdeux obtenu par contact du précédent avec un grand excès de tournure de cuivre.

MODE OPÉRATOIRE. — Avec une pipette très exactement calibrée à 5 cm<sup>3</sup> on prélève 5 cm<sup>3</sup> d'eau qu'on introduit dans un tube à essai et on ajoute 2 gouttes du réactif molybdique dilué au quart, pour 1 goutte du réactif molybdeux. On porte à l'ébullition en agitant constamment le liquide pour faciliter l'aération. Ce point obtenu, et sans cesser de brasser le liquide en secouant de haut en bas, un peu obliquement et d'une manière constante, on continue l'ébullition dans l'air chaud surmontant la flamme pendant une douzaine de secondes.

Quand la proportion d'acide phosphorique est suffisamment importante, on continue à ajouter goutte à goutte le réactif molybdeux jusqu'à ce que la coloration n'augmente plus d'intensité.

Après refroidissement, on compare la teinte obtenue avec des étalons colorimétriques.

Ce réactif est sensible au 1/20 de milligramme, alors que le réactif nitromolybdique donne une coloration jaune à peine perceptible avec 1/10 de milligramme de phosphates.

La grande sensibilité de cette méthode oblige à un nettoyage rigoureux de la verrerie utilisée, nous avons toujours employé les mêmes tubes, rincés plusieurs fois à l'eau distillée.

En opérant avec 5 cm<sup>3</sup> d'eau distillée prise comme témoin, on constate une teinte bleue constante correspondant à 6/100 de milligramme, avec les tubes dont nous nous sommes servie, teinte due à la présence de l'acide phosphorique des verres alcalins. Pratiquement, cette coloration bleue ainsi obtenue est extrêmement faible et ne saurait gêner en rien les dosages; une proportion d'acide phosphorique exprimée en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> nettement inférieure à 0 mg. 1 pouvant être considérée comme négligeable.

## B. — Interprétation.

La composition chimique d'une eau étant caractéristique de sa provenance géologique, il est extrêmement difficile

d'assigner des limites rigoureuses permettant de déclarer une eau potable ou non.

Le Comité consultatif d'hygiène a donné, le 2 juin 1902, des chiffres fixant les limites entre lesquelles doivent osciller les divers constituants pour qu'une eau soit considérée comme bonne, suspecte ou mauvaise. Une plus grande latitude a été permise par le Comité consultatif d'hygiène le 2 juillet 1924 (V. Tableau d'Henri Laval [25] ci-après).

RÉSIDU FIXE A 120°. — Le résidu sec laissé par une eau potable de bonne qualité ne doit pas dépasser 0 g. 500 par litre et 0 g. 020 à 0 g. 040 dans les terrains granitiques.

MATIÈRES ORGANIQUES. — On peut dire, d'une manière générale, que les matières organiques plus fortes en milieu acide qu'en milieu alcalin sont un indice défavorable. L'eau est considérée comme suspecte si sa teneur en matière organique est supérieure à 1 mg. 5 dans les lieux où la végétation est nulle ou peu florissante, et supérieure à 3 mg. dans le cas contraire.

La recherche des matières organiques en milieu acide est nécessaire, certaines eaux telles que les eaux des Landes (eaux de région plantée de pins) ayant filtré à travers l'humus sont très riches en matières organiques, d'origine végétale, mais, dans ce cas, les matières organiques en milieu acide sont plus élevées qu'en milieu alcalin, cet exemple confirme la nécessité d'un examen géologique préalable.

AMMONIAQUE ET NITRITES. — La présence de nitrites rend l'eau suspecte. On peut tolérer 0 mg. 7 d'azote ammoniacal; au-dessus de ce taux, l'eau est suspecte. L'examen des chiffres fournis par les chlorures, les matières organiques, permet de déceler si cet azote a une origine suspecte, ce que confirme d'ailleurs l'analyse bactériologique.

NITRATES. — L'interprétation à donner à la présence des nitrates est assez délicate. On peut considérer que, quelle que soit l'origine de l'eau, si les nitrates ne sont pas associés à

# Chiffres données par le Comité Consultatif d'Hygiène en Juin 1902 [7].

| EAU TRÈS PURE                                                         | EAU POTABLE         | EAU SUSPECTE      | EAU MAUVAISE          |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------|-----------------------|
| P <sub>2</sub> O <sup>5</sup> .....                                   |                     | .....             | .....                 |
| Résidu fixe à 110°.....                                               | 0                   | .....             | plus de 700 mmg.      |
| Perte au rouge.....                                                   | moins de 150 mmg.   | de 400 à 700 mmg. | 100 mmg.              |
| Mat. organiques en Ox.....                                            | 15 mmg.             | de 40 à 70 mmg.   | plus de 4 mmg.        |
| N H <sup>3</sup> .....                                                | moins de 1 mmg.     | de 3 à 4 mmg.     | plus de 9 mmg. 15.    |
| Nitrites (en N <sup>2</sup> O <sup>3</sup> ).....                     | moins de 0 mmg. 05. | 0 mmg. 10 à 0,15  | quantité appréciable. |
| Nitrates (en N <sup>2</sup> O <sup>5</sup> ).....                     | 0                   | traces.           | plus de 30 mmg.       |
| Chlorures.....                                                        | 0                   | 15 à 30 mmg.      | plus de 100 mmg.      |
| Sulfates.....                                                         | moins de 15 mmg.    | 50 à 100 mmg.     | plus de 50 mmg.       |
| Oxyde de Calcium.....                                                 | 2 à 5 mmg.          | plus de 30 mmg.   | .....                 |
| Si O <sub>2</sub> .....                                               | .....               | .....             | .....                 |
| O <sup>3</sup> Fe <sup>2</sup> + O <sup>3</sup> Al <sup>2</sup> ..... | .....               | .....             | .....                 |
| Oxyde de Magnésium.....                                               | .....               | .....             | .....                 |
| <i>Hydrotimétrie :</i>                                                |                     |                   |                       |
| Degré A (total).....                                                  | 5 à 15°             | plus de 30°       | plus de 100°          |
| Degré C (permanent).....                                              | 2 à 5°              | 12 à 18°          | plus de 20°           |

20 Juillet 1924 - C. C. H. — Les conditions de passabilité des eaux doivent être établies en tenant compte de leurs propriétés générales, de l'ensemble des résultats analytiques et de la constitution du sol que ces eaux traversent. En terrain calcaire, il est évident que les eaux sont plus chargées en éléments minéraux ; ce n'est pas une raison pour les proscrire, car on doit comprendre sous le nom d'eaux potables (TOURLAIN : *Analyse générale des Eaux*, 1922) toutes les eaux qui ne contiennent aucune substance minérale organique ou organisée pouvant être préjudiciable à la santé publique.

une dose élevée de chlorures, ils proviendraient de matières organiques d'origine végétale particulièrement dans les terrains sableux et calcaires, comme nous l'avons vu précédemment.

**CHLORURES.** — Le Comité consultatif d'hygiène indique plus de 0 g. 100 en ClNa pour les eaux mauvaises, cependant les eaux de plaines basses contiennent plus de 0 g. 100. L'eau n'est douteuse que si les chlorures dépassent 0 g. 16 (l'urine renferme 13 p. 100 de chlorures alcalins).

De toute façon, quand on est loin de la mer et qu'on n'a pas affaire à un puits artésien, l'élévation du taux des chlorures est un signe d'une contamination par des eaux excrémentitielles ou ménagères. Le dosage des matières organiques, de l'azote ammoniacal, aide à dissiper les doutes que l'on peut avoir à ce sujet.

**SULFATE.** — On admet 0 g. 0508 au maximum.

**OXYDE DE CALCIUM.** — D'après Janet [22], les sources issues des terrains calcaires les plus chargées en carbonate de calcium seraient les meilleures au point de vue de l'hygiène parce que leur teneur indique un plus long contact avec le sol.

**DURETÉ.** — Une eau de degré A supérieur à 30 et C supérieur à 12 ne peut être rangée dans une bonne catégorie d'eau potable. Cependant, si cette eau ne présente aucun signe de contamination, on peut l'utiliser après avoir précipité le carbonate de calcium par ébullition.

**PHOSPHATES.** — Nous verrons au chapitre suivant ce qui a été dit à ce sujet.

« De nombreux tableaux ont été dressés par divers auteurs qui prétendent fixer les limites entre lesquelles doivent osciller les divers constituants pour qu'une eau soit considérée comme bonne, suspecte ou mauvaise, etc. Ces tableaux servent surtout à faciliter la discussion souvent délicate des résultats analytiques, mais ils conduisent parfois à des conclusions inacceptables. » (Bonjean [21], p. 118.)

## CHAPITRE V

### RESULTATS ET INTERPRETATIONS

---

Nous avons classé en trois tableaux les résultats obtenus. Les eaux potables au point de vue chimique et bactériologique figurent au tableau I, les phosphates sont représentés dans la première colonne.

Au tableau II nous avons dressé la liste des eaux présentant une discordance entre l'examen chimique et l'examen bactériologique, bonnes dans le premier cas, et mauvaises dans le second.

Le tableau III résume l'analyse des eaux nettement mauvaises et suspectes.

Un dernier tableau (IV), comprenant les eaux mauvaises au point de vue chimique, et bonnes au point de vue bactériologique termine l'énumération des nombreux examens faits au laboratoire.

#### Interprétation.

Jadis (*Eaux potables*, A.-J. ZUNC [37]), on considérait l'acide phosphorique comme un élément nuisible, anormal, mais le Congrès d'hygiène de 1885 a admis qu'il pouvait se rencontrer dans les meilleures eaux et ne présentait aucun inconvénient, le phosphate de calcium étant un élément normal de nos tissus.

Les eaux pures peuvent dissoudre des quantités sensibles de phosphates existant dans les terrains non contaminés [3] :

*Forage de Steebecque* (Hazebrouck, Nord), de 185 mètres de profondeur.

Nappe artésienne :

55 germes par  $\text{cm}^3$ , 0 Coli;

$\text{SiO}_2 = 17 \text{ mg.}$        $A = 3^\circ.$        $C = 1^\circ 5.$

Traces de phosphates.

*Puits artésien de la ville d'Eu*, de 180 mètres de profondeur.

6 germes par  $\text{cm}^3$ .

$\text{SiO}_2 = 19 \text{ mg.}$        $A = 6^\circ 8.$        $C = 3^\circ.$

Très faibles traces de phosphates.

Cette quantité est fort minime, et, si l'on rencontre, d'après le Comité consultatif d'hygiène de 1885 (les Congrès de 1902 et 1924 n'ont apporté aucune modification à ce sujet), une proportion supérieure à 0 g. 0005, c'est-à-dire à un  $1/2$  milligramme, et il y aurait lieu de considérer l'acide phosphorique comme un signe de contamination soit par les matières fécales et les urines, qui en contiennent 2 à 3 pour 1.000, soit par des eaux résiduaires industrielles, soit encore par lavage des terrains de culture fertilisés par des engrais phosphatés [3].

Au contact des terrains calcaires, l'acide phosphorique et les phosphates alcalins se transforment en phosphate tricalcique insoluble.

Le phosphate tricalcique n'est cependant pas insoluble d'une manière absolue. L'eau froide décompose le phosphate tricalcique en acide phosphorique et oxyde de calcium. Pour A. Wœlker [5], 1 litre d'eau froide dissout 31 milligrammes de phosphate calciné et 7 milligrammes de phosphate précipité. Maly et Donath [5] indiquent une proportion de 100 parties d'eau pour 0,00236 parties de phosphate normal gélatineux, 0,00256 de phosphate calciné et 0,003 d'os calciné.

La solubilité du phosphate tricalcique peut varier, d'après Warrington [5], entre 0 g. 1 et 0 g. 03 par litre, suivant son état physique.

Ces données dépendent des masses relatives d'eau, de phos-

phates, et, dans le cas des eaux circulant dans les terrains calcaires, de la quantité d'oxyde de Ca qui, s'y trouvant en proportion énorme par rapport à l'acide phosphorique, l'absorbe presque complètement en ne laissant que des traces si le contact est suffisamment prolongé.

L'absence de phosphate n'est, en aucune manière, une preuve de non-pollution, ainsi que nous avons pu le vérifier ; des eaux telles que celles de S... (Dordogne) : source R... et fontaine Fon..., de La... (Dordogne) : source R..., qui contiennent moins de 0 mg. 1 de phosphates, renferment des quantités respectives de 500, 1.000 et 100 colibacilles par litre.

Pour les eaux de notre région, où le sous-sol est très calcaire, nous avons remarqué que la limite imposée par le Comité consultatif d'hygiène était trop élevée : une eau qui renferme 0 mg. 2 de phosphates par litre est suspecte et franchement mauvaise au-dessus de 0 mg. 3.

Sur 45 analyses, nous n'avons trouvé que deux exceptions.

L'eau de So... (Gironde), placé au bord de la mer en terrain non calcaire, renferme 0 mg. 7 d'acide phosphorique et 0 coli par litre, mais cette eau est très fortement minéralisée, le taux des chlorures, des matières organiques et des nitrates est très élevé. L'absence de colibacille n'est pas toujours une preuve de non-pollution. « Une des raisons justifiant l'intérêt d'associer à la recherche du Bactérium coli celles d'autres germes, c'est que, dans bien des cas, dans des eaux suspectes, voire souillées certainement, en particulier des eaux de puits, on ne peut le déceler. Nous n'avons pas de raisons suffisantes à donner à cette anomalie, bien que l'on constate que la difficulté de la mise en évidence de ce germe soit toujours concomitante avec la présence d'un taux élevé de chlorures dans l'eau examinée. »

L'eau de Ba... (Gironde) (source Fon...), déclarée géologiquement nettement mauvaise, renferme 4 mg. 75 de  $P^{205}$  par litre (v. tableau IV), mais n'a décelé à l'examen bactériologique la présence d'aucun colibacille et seulement 154 germes en gélatine et 0 germe en gélose.

I. — Eaux potables. (Résultats exprimés en milligrammes par litre d'eau.)

|                                           | P <sup>2</sup> 05 | R. à 1200 | R. au rouge | Perte | M 0 (m. acide) |                   |              | N <sup>0</sup> 2 H | N <sup>0</sup> 3 H       | Cl | Cl Na | SO <sup>4</sup> Ca | CO <sub>3</sub> Ca | Ca O | Si O <sup>2</sup> | D. A | D. C. | Bactériologie                                        |
|-------------------------------------------|-------------------|-----------|-------------|-------|----------------|-------------------|--------------|--------------------|--------------------------|----|-------|--------------------|--------------------|------|-------------------|------|-------|------------------------------------------------------|
|                                           |                   |           |             |       | Oxy-<br>gène   | Acide<br>oxaliqu. | Oxy-<br>gène | Acide<br>oxaliqu.  | N, H <sup>3</sup><br>(f) |    |       |                    |                    |      |                   |      |       |                                                      |
| Ca (Gironde)<br>Source                    | 0                 | 365       | 465         | 200   | 0.8            | 6.3               | 0            | 0                  | 0                        |    |       |                    |                    |      |                   |      |       | 5 Coli — 0 g. en gélose<br>72 en gélatine pure.      |
| V. (Gironde).<br>Source                   | 0.15              | 387       | 220         | 467   | 0.3            | 2.3               | 0.2          | 4.8                | 0                        |    |       |                    |                    |      |                   |      |       | 0 Coli — 4 g. dont Proteus<br>309 g. — Très pure.    |
| Lau. (Gironde)<br>émergence de<br>carrère | <0.4              | 385       | 205         | 480   | 0.3            | 2.5               | 0.4          | 4.2                | 0                        |    |       |                    |                    |      |                   |      |       | 0 Coli — 30 germes<br>0 g. — Très pure.              |
| (Gironde).<br>Source                      | 0                 | 335       | 495         | 460   | 4.7            | 13.8              | 4.6          | 42.6               | 0                        |    |       |                    |                    |      |                   |      |       | 40 Coli — 240 germes<br>Bonne.                       |
| M. (L-et-G.)<br>Source C.                 | <0.1              | 345       | 470         | 445   | 0.3            | 2.5               | 0.3          | 2.5                | 0                        |    |       |                    |                    |      |                   |      |       | 0 Coli — 0 germe<br>144 g. — Très pure.              |
| Ba. (Gironde)<br>Source St-S.             | 0                 | 460       | 230         | 230   | 0.3            | 2.5               | 0.3          | 2.5                | 0                        |    |       |                    |                    |      |                   |      |       | 0 Coli — 0 germe<br>Très pure                        |
| Ch. C. (Dordog.)<br>Source Ch             | 0.3               | 445       | 205         | 240   | 0.8            | 6.3               | 0.4          | 3.4                | 0                        |    |       |                    |                    |      |                   |      |       | 0 Coli — 800 g. dont 30 liq.<br>396 g. — Assez bonne |
| Ch. C. (Dordog.)<br>Source L.             | <0.4              | 385       | 485         | 495   | 0.6            | 5                 | 0.5          | 4.4                | 0                        |    |       |                    |                    |      |                   |      |       | 10 C. — 25 g. 400 g. dont 80 liq.<br>Assez pure.     |
| T. (Gironde)                              | <0.4              | 450       | 90          | 90    | 0.7            | 5.6               | 0.7          | 6.2                | 0                        |    |       |                    |                    |      |                   |      |       | 0 Coli — 7 g.<br>Très pure.                          |
| B. A. (Gironde)                           | <0.4              | 220       | 425         | 95    | 0.6            | 5                 | 0            | 0                  | 0                        |    |       |                    |                    |      |                   |      |       | 0 C. — 0 g. Très pure.                               |
| Li. (Gironde)<br>Puits                    | 0.4               | 625       | 265         | 360   | 0.4            | 3.7               | 0.3          | 2.5                | 0                        |    |       |                    |                    |      |                   |      |       | 423 dont 93 liq. — Bonne<br>0 Coli — 40 g.<br>Pure.  |
| G. (Gironde)                              | 0                 | "         | "           | "     | 0.45           | 4.25              | "            | "                  | 0                        |    |       |                    |                    |      |                   |      |       | 0 C. — 0 g. Très pure.                               |
| B. (Gironde)<br>Puits artésien            | <0.4              | 425       | 305         | 420   | 0.3            | 2.5               | 0            | 0                  | 0                        |    |       |                    |                    |      |                   |      |       | 423 dont 93 liq. — Bonne<br>0 Coli — 40 g.<br>Pure.  |
| Li. (Gironde)<br>Eau ville                | <0.4              | 202       | 447         | 85    | 0.4            | 3.7               | 0.4          | 3.7                | 0                        |    |       |                    |                    |      |                   |      |       | 0 Coli — 9 germes<br>0 g. — Très pure.               |
| Qu. (Gironde)<br>Source du lavoir         | <0.4              | 605       | 305         | 300   | 0.2            | 4.8               | 0.4          | 4.2                | 0                        |    |       |                    |                    |      |                   |      |       | 0 Coli. — 1 g.<br>69 g — Très pure.                  |
| B. (Gironde)                              | <0.4              | 540       | 440         | 430   | 0.46           | 4.2               | "            | "                  | 0                        |    |       |                    |                    |      |                   |      |       | 20 Coli — 20 g.<br>160 g. — Assez pure.              |
| B s/ B. (L-et-G.)<br>Fontaine de la S.    | <0.4              | 227       | 454         | 416   | 0.20           | 4.2               | 0.3          | 2.5                | 0                        |    |       |                    |                    |      |                   |      |       | 0 Coli — 53 germes<br>Très bonne qualité.            |
| As. (L-et-G.)<br>Source de la Br.         | <0.4              | 759       | 359         | 370   | 0.8            | 6.8               | 0.9          | 7.5                | 0                        |    |       |                    |                    |      |                   |      |       | 0 Coli — 30 g.<br>2356 g. — Eau potable.             |
| M. (L-et-G.)<br>Source de la B            | <0.4              | 442       | 224         | 248   | 0.4            | 3.7               | 0.5          | 4.4                | 0                        |    |       |                    |                    |      |                   |      |       | 0 Coli — 0 g.<br>386 g. — Très pure.                 |
| S. (L-et-G.)<br>Source G.                 | 0                 | 235       | 420         | 425   | 0.8            | 6.3               | 0.6          | 5                  | 0                        |    |       |                    |                    |      |                   |      |       | 40 Coli — 300 g.<br>150 g. — Bonne.                  |
|                                           | —                 |           |             |       |                |                   |              |                    | 0.45                     |    |       |                    |                    |      |                   |      |       | 0 Coli — 30 g.<br>240 g — Bonne.                     |

## II. — Eaux potables au point de vue chimique, mauvaises au point de vue bactériologique

(Résultats exprimés en milligrammes par litre d'eau)

|                                     | P <sup>0.5</sup> | Résidu sec à 120° | Résidu au rouge | P. rie | M. O. |         | M. O. |         | N IP <sup>3</sup> (1) | No <sup>2</sup> H | No <sup>3</sup> H | cl.  | cl Na | So <sup>4</sup> Ca | Co <sup>3</sup> Ca | Ca O | Si O <sup>2</sup> | D. A. | D. C. | Ex. BACTÉRIOLOGIQUE                                                      |
|-------------------------------------|------------------|-------------------|-----------------|--------|-------|---------|-------|---------|-----------------------|-------------------|-------------------|------|-------|--------------------|--------------------|------|-------------------|-------|-------|--------------------------------------------------------------------------|
|                                     |                  |                   |                 |        | oxy.  | ac. oi. | oxy.  | ac. oi. |                       |                   |                   |      |       |                    |                    |      |                   |       |       |                                                                          |
| C (Landes) Puits                    | <0,1             | 350               | 405             | 485    | 0,3   | 2,5     | »     | »       | 0                     | 0                 | t. fortes         | 21,3 | 35,1  | <50                | 205                | 490  | 12                | 24°   | 5°    | 200 Coli — 3 340 germes et protéus<br>Colonies incomputables 162 liquéf. |
| St-A. (Gironde).<br>Eau de carrière | 0,1              | 320               | 475             | 445    | 0,3   | 2,5     | 0,3   | 2,5     | 0                     | 0                 | t. fortes         | 28,4 | 46,8  | <50                | 130                | 412  | 6,5               | 49°   | 6°    | 40 Coli — 421 germes,<br>40,774 germes.                                  |
| Pa (Gironde).<br>Source A           | 0,3              | 450               | 250             | 200    | 0,8   | 6,3     | 0     | 0       | 0                     | 0                 | traces            | 35,5 | 55,5  | <50                | 330                | 246  | 8,5               | 33°   | 4°    | 330 Coli — 650 g. dont 40 liquéf.<br>3,599 germes dont 640 liquéf.       |
| Ia (Dordogne).<br>Source C          | 0,4              | 290               | 451             | 439    | 0,16  | 4,24    | 0,2   | 1,8     | s. 0,07<br>o. 0,11    | 0                 | t. fortes         | 21   | 35    | <50                | 205                | 468  | »                 | 24°   | 5°    | 1 000 Coli — 1 germe,<br>468 germes.                                     |
| Source R                            | <0,1             | 290               | 405             | 425    | 0,16  | 4,24    | 0,2   | 1,5     | s. 0,08<br>o. 0,12    | 0                 | traces            | 44   | 23    | <50                | 265                | 204  | »                 | 27°   | 5°    | 400 Coli.<br>180 germes dont 6 liquéf.                                   |
| Fontaine de S                       | 0,3              | 316               | 465             | 454    | 0,48  | 3,7     | 0,4   | 3,4     | s. 0,08<br>o. 0,12    | 0                 | 0                 | 14   | 23    | <50                | 260                | 484  | »                 | 25°   | 5°    | 1 000 Coli.<br>560 germes dont 4 liquéf.                                 |
| Le T (Gironde).<br>Source           | 0,3              | 460               | 235             | 225    | 0,16  | 4,26    | 0,2   | 4,8     | s. 0,10<br>o. 0,12    | 0                 | 0                 | 46   | 76    | <50                | 240                | 204  | »                 | 33°   | 6°    | 200 Coli.<br>3,160 germes dont 20 liquéf.                                |
| C (Gironde).<br>Source N            | 0,1              | 607               | 350             | 257    | 1,12  | 8,82    | 1,2   | 10      | s. 0,10<br>o. 0,12    | 0                 | t. fortes         | 88   | 146   | <50                | 270                | 496  | »                 | 32°   | 8°5   | 200 Coli.<br>427 germes dont 20 liquéf.                                  |
| Source S                            | 0,1              | 482               | 271             | 241    | 0,3   | 2,5     | 0,8   | 6,3     | s. 0,08<br>o. 0,12    | 0                 | t fortes          | 63   | 103   | <50                | 265                | 468  | »                 | 28°   | 5°    | 500 Coli — 40 germes,<br>632 germes dont 79 liquéf.                      |
| S (Dordogne).<br>Fontaine R C       | 0,               | 402               | 234             | 471    | 0,6   | 5       | 0,8   | 6,3     | s. 0,12<br>o. 0,13    | 0                 | traces            | 25   | 46    | <50                | 300                | 484  | »                 | 34°   | 6°    | 1 000 Coli<br>11,500 germes.                                             |
| P (Dordogne).<br>Source F           | 0,4              | 468               | 277             | 491    | 0,4   | 3,7     | 0,5   | 4,4     | s. 0,08<br>o. 0,12    | 0                 | t. fortes         | 24   | 40    | <50                | 345                | 479  | »                 | 32°   | 9°    | 200 Coli. — 7 germes,<br>9,740 germes, 280 liquéf.                       |
| Source St-A.                        | 0,4              | 528               | 297             | 231    | 0,08  | 0,63    | 0,8   | 6,3     | s. 1,1<br>o. 0,13     | 0                 | t. fortes         | 42   | 70    | <50                | 325                | 440  | »                 | 34°   | 3°5   | 1 000 Coli — 7 640 germes,<br>9 710 germes dont 640 liquéf.              |
| S (Lot-et-G.)<br>Fontaine F         | 0,3              | 501               | 244             | 237    | 0,16  | 4,26    | 0,64  | 5,04    | s. 0,09<br>o. 0,08    | 0                 | t. fortes         | 28   | 46    | <50                | 345                | 280  | »                 | 32°   | 8°5   | 1 000 Coli — 43,800 germes,<br>Liquéfaction totale.                      |
| A (Lot-et-G.)<br>Source P           | 0,1              | 468               | 269             | 204    | 1,44  | 11,3    | 1,5   | 12,6    | s. 0,12<br>o. 0,16    | 0                 | t. fortes         | 28   | 43    | <50                | 300                | 468  | »                 | 31°   | 5°    | 800 Coli — 820 germes,<br>8,140 germes en gélatine.                      |

(1) s = ammoniacque saline o = ammoniacque organique

### III. — Eaux suspectes et mauvaises

(R sultats exprimés en milligrammes par litre d'eau)

|                                   | P <sup>2</sup> O <sub>5</sub> | R. à 120° | R. au rouge | M. 0. (m. alcalin) |      | M. 0. (m. acide) |      | N. H <sup>3</sup><br>(1) | NO <sup>3</sup> H.         | NO <sup>3</sup> H. | Cl.              | Cl <sup>2</sup> N <sub>2</sub> | S. O <sub>2</sub> S | Ca O | Si O <sub>2</sub> | D. A | D. C. | Bactériologie                                                                                           |
|-----------------------------------|-------------------------------|-----------|-------------|--------------------|------|------------------|------|--------------------------|----------------------------|--------------------|------------------|--------------------------------|---------------------|------|-------------------|------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ti (Gironde)<br>Puits             | 0.25                          | 222       | 245         | 107                | 1.7  | 43.8             | 4.6  | 42.6                     | traces<br>faibles          | 0                  | traces           | 42.4                           | 23.4                | 0    | 432               | 95   | 3°    | 20 Coli — 1 rem t. en gelée et protéus<br>826 p. dont 170 liq. en gel. — Su pète<br>0 Coli — 250 germes |
| M (Gironde)<br>Puits              | <0.1                          | 870       | 460         | 410                | 2.86 | 20.46            | 2.76 | 21.4                     | 0                          | t. faibl.          | t. fortes        | 84.6                           | 434                 | < 30 | 320               | 240  | 44°   | 6 934 g. — 60 liq., — 60 mois.                                                                          |
| P B (Gironde)<br>Puits n° 1       | 2.2                           | 503       | 340         | 405                | 2.4  | 48.9             | 3.6  | 28.3                     | 0                          | 0                  | t. fortes        | 28.4                           | 46.8                | < 30 | 270               | 443  | 43.5  | 20 Coli — 30 g. — 1 moisissure<br>1 520 germes dont 460 liq.                                            |
| Ma (Gironde)<br>Puits             | 3                             | 735       | 420         | 335                | 2.4  | 49.5             | 2.6  | 20.7                     | 0                          | 0                  | t. fortes        | 76                             | 425                 | < 30 | 245               | 407  | 47    | 0 Coli,<br>3 690 g. liquéf. totale.                                                                     |
| Mé (Gironde)<br>Puits             | 0.6                           | 710       | 430         | 235                | 2.4  | 48.9             | "    | "                        | 0                          | 0                  | t. fortes        | 78                             | 287                 | > 30 | 245               | 224  | "     | 0 Coli<br>9.720 germes dont 70 liq.                                                                     |
| Mon (Gironde)<br>Source C         | 0.45                          | 305       | 250         | 225                | 0.32 | 2.5              | 0    | 0                        | t. faibl.                  | 0                  | traces           | 71                             | 417                 | < 30 | 330               | 456  | 12.5  | 4 000 Coli — 4180 g. et Protéus<br>358 092 g. — 2 485 liq.                                              |
| Ca (Gironde)<br>Puits             | 3.5                           | 707       | 442         | 265                | 2.7  | 21.4             | 4.4  | 35.2                     | t. faibl.                  | traces             | t. fortes        | 53                             | 87                  | < 30 | 345               | 201  | 22.5  | 0 Coli — 2 230 germes<br>8 338 germes dont 960 liq.                                                     |
| S (Lot-et-Gar.)<br>Source R C     | <0.4                          | 375       | 205         | 470                | 3.1  | 24.8             | 2.7  | 21.4                     | t. faibl.                  | 0                  | traces           | 21                             | 35                  | < 30 | 215               | 427  | 44    | 500 Coli — 8 870 g. et Protéus<br>383 092 germes — 2 485 liq.                                           |
| Source Fontaine<br>Fon            | <0.4                          | 445       | 230         | 488                | 4.4  | 32.7             | 3.2  | 25.2                     | t. faibl.                  | t. faibl.          | t. faibl.        | 24.8                           | 40.9                | < 30 | 495               | 447  | 42.5  | 4 000 Coli — 1 790 g. et Protéus<br>456 800 germes — 49 000 liq.                                        |
| B (Gironde)<br>Puits              | 0.9                           | 4 356     | 872         | 484                | 4.6  | 43.6             | 2.86 | 20.46                    | 0                          | 0                  | t. fortes        | 459.7                          | 263.2               | < 30 | 377               | 229  | 44    | 0 Coli<br>6 280 germes dont 430 liq.                                                                    |
| P B (Gironde)<br>Puits n° 2       | 0.3                           | 1 800     | 1 340       | 490                | 8.6  | 68               | 46   | 42.6                     | t. fortes                  | t. fortes          | t. fortes        | 213                            | 334                 | < 30 | 480               | 451  | 14.5  | 100 Coli — 14 520 dont Protéus<br>556 640 g. — 780 liq., 20 mois                                        |
| L (Gironde)<br>Puits              | 2.5                           | 950       | 570         | 450                | 0.6  | 5                | 0    | 0                        | 0                          | 0                  | fortes           | 88.2                           | 440.4               | < 30 | 375               | 463  | 30    | 1 000 Coli — 450 germes<br>2 630 germes dont 260 liq.                                                   |
| Le T (Gironde)<br>Source Fontaine | 0.3                           | 460       | 235         | 225                | 0.46 | 1.24             | 0.2  | 1.8                      | t. faibl.                  | 0                  | 0                | 46                             | 76                  | < 30 | 240               | 201  | "     | 200 Coli — 3 160 germes dont<br>20 liquéfactions                                                        |
| La (Dordogne)<br>Source C         | 0.4                           | 290       | 451         | 439                | 0.16 | 1.24             | 0.2  | 1.8                      | s. 0.07<br>o. 0.15<br>0.18 | 0                  | traces<br>fortes | 21                             | 33                  | < 30 | 205               | 468  | "     | 4 000 Coli — 40 germes<br>403 germes                                                                    |
| Source R                          | <0.4                          | 290       | 465         | 425                | 0.46 | 1.24             | 0.2  | 1.5                      | s. 0.08<br>o. 0.13<br>0.21 | 0                  | traces           | 44                             | 23                  | < 30 | 205               | 201  | "     | 100 Coli<br>480 germes dont 60 liq.                                                                     |
| Fontaine S                        | <0.3                          | 346       | 465         | 451                | 0.48 | 3.7              | 0.4  | 3.4                      | s. 0.09<br>o. 0.15<br>0.21 | 0                  | 0                | 46                             | 76                  | < 30 | 240               | 201  | "     | 200 Coli<br>3 160 germes dont 20 liq.                                                                   |

### IV. — Eaux mauvaises au point de vue chimique. bonnes au point de vue bactériologique

|                                 | P <sup>2</sup> O <sub>5</sub> | R. à 120° | R. au rouge | M. 0. (m. alcalin) |     | M. 0. (m. acide) |      | N. H <sup>3</sup><br>(1) | NO <sup>3</sup> H.         | NO <sup>3</sup> H. | Cl.       | Cl <sup>2</sup> N <sub>2</sub> | S. O <sub>2</sub> S | Ca O | Si O <sub>2</sub> | D. A | D. C. | Bactériologie                                 |
|---------------------------------|-------------------------------|-----------|-------------|--------------------|-----|------------------|------|--------------------------|----------------------------|--------------------|-----------|--------------------------------|---------------------|------|-------------------|------|-------|-----------------------------------------------|
| Ba (Gironde)<br>Source Fontaine | 4.75                          | 765       | 370         | 393                | 0.3 | 2.5              | 0    | 0                        | 0                          | 0                  | t. fortes | 35.5                           | 38.5                | < 30 | 255               | 235  | "     | 0 Coli — 100 germes<br>154 germes en gélatine |
| So (Gironde)<br>Puits           | 0.7                           | 665       | 345         | 350                | 2.7 | 24.4             | 2.08 | 16.3                     | 4.1063<br>o. 0.29<br>1.353 | 0                  | t. faibl. | 454                            | 304                 | 0    | 340               | 456  | 47.5  | 0 Coli — 2 germes<br>3 germes en gélatine     |

## CHAPITRE VI

### ETUDE HYDROGEOLOGIQUE SE RAPPORTANT A QUELQUES SOURCES RECHERCHES DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE DANS LE SOUS-SOL

---

#### I. — BA... (Gironde).

— Source St-S... et Fon... —

Feuille de Grignol (NO) de la carte géologique de la Gironde  
au 1/80.000.

#### A. — SITUATION GÉOLOGIQUE.

L'antique capitale des Vasates est située sur une colline, véritable butte, terrain presque complètement isolé du plateau circonvoisin par la profonde dépression des vallées du Beuve et de l'un de ses affluents. Les bases de la colline et du plateau sont constituées par les *grès de Bazas* (indice *m' l* sur la carte géologique) attribué à l'aquitanien moyen. Il contient une forte proportion de calcaire et présente des différences d'homogénéité, de densité et de dureté très variables.

Vers le nord-ouest, au delà de la dépression du ruisseau de Saint-Vincent, ce grès calcaire est surmonté :

a) par des *argiles blanches*, d'épaisseur réduite, qui correspondent au *calcaire gris de l'Agenais* et que l'on classe dans l'aquitanien supérieur. Ces argiles sont indiquées par l'indice *m' a* sur la carte géologique;

b) Par des couches supérieures plus *calcaires*, parfois sa-

bleuses, équivalentes aux *jaluns de la Saubotte* (*m' a<sup>1</sup>* sur la carte).

Sur le plateau seul, et le plus souvent recouvrant directement le *grès de Bazas*, des sables fins, siliceux, blanchâtres, souvent micacés, avec des intercalations d'argiles et de graviers de quartz très roulés, forment le revêtement ultime (ces sables portent l'indice P<sup>1</sup> sur la carte géologique).

Cette esquisse géologique nous fait entrevoir les aspects que présenteront les sources aux abords immédiats de la ville.

Dans la région centrale, uniquement grésocalcaire, des sources rares au débit abondant de qualité douteuse.

Dans la zone argilo-calcaire septentrionale, des sources nombreuses, de faible débit, et dont l'eau, *a priori*, sera de bonne qualité.

#### B. — SOURCE FON...

Cette source appartient à la première catégorie. Elle est située en pleine ville, sur le flanc de la colline citadine, couvert de maisons et de jardins. Captée, elle traverse un puits bétonné avec regard et alimentait autrefois un abreuvoir aujourd'hui disparu et rejoint sans plus servir le ruisseau voisin.

Son eau, très abondante, a été analysée et déclarée bactériologiquement de bonne qualité (V. tabl. IV), et mauvaise au point de vue chimique (1 mmg. 75 de P<sup>2</sup>O<sup>5</sup> p. 1.000). On ne peut l'utiliser pour les raisons suivantes :

a) L'émergence provient d'une formation géologique relativement calcaire, fissurée et crevassée, de pouvoir filtrant aléatoire;

b) Elle est située en pleine ville, sous des maisons et des jardins. Lors de notre visite, un fumier se trouvait juste au sommet de la pente aboutissant au puits, d'où contamination tôt ou tard fatale;

c) Le périmètre de protection est impossible à établir et serait inopérant.

Nord

Sud

Recouvrement du Plateau  
(Pliocène P<sub>3</sub>)  
{ Sables fins, siliceux, micacés  
avec intercalation d'argile  
et de graviers de quartz }

Faluns (m.<sup>a</sup> aquit. sup.<sup>a</sup>)

Source S<sup>t</sup> S.

Source Fon.

Alluvions

Marnes et argiles blanches = Calcaire gris de l'Agenais  
(m.<sup>a</sup> aquit. sup.<sup>a</sup>)

Grès de Bayas (Forte p<sup>te</sup> de Calcaire.  
m.<sup>b</sup> aquitanien moyen)

# - Ba.... - Coupe Schematique -

La grotte ayant été murée par une maçonnerie de soutènement, il nous a été impossible de prélever des échantillons de terrains, argile de décalcification et calcaire, ce calcaire est plus dur que celui de St-S...

#### C. — SOURCE ST-S...

Elle est située approximativement à une distance de 800 mètres au nord-ouest de Ba..., dans le vallon du ruisseau de Saint-Vincent, et provient de la couche aquifère qui existe au contact des couches calcaires et sableuses de l'aquitainien supérieur (*ma*<sup>1</sup>) et de la couche argileuse sous-jacente (*m' a*). Cette source, qui est captée, sort du vallon situé à l'ouest du chemin et du ruisseau grâce à une canalisation qui traverse le chemin cité. Elle alimente un lavoir situé près du ruisseau. L'eau est claire, limpide. L'analyse qui a été faite (V. tableau I) montre qu'elle est de bonne qualité, tant au point de vue bactériologique qu'au point de vue chimique.

Son bassin d'alimentation est constitué par le plateau et le flanc de la vallée situé à l'ouest et au sud-ouest du ruisseau. Il est couvert de prairies avec quelques champs de vignes, sur lesquels on ne met jamais d'engrais phosphatés, ces derniers étant d'un prix élevé. Les maisons sont clairsemées et la plus rapprochée est située à une centaine de mètres de là.

Le prélèvement de terrain a été fait le long du talus bordant la route et montrant les couches géologiques. Nous avons prélevé l'argile de décalcification surnommée terre rouillée par suite de sa teneur élevée en fer, qui lui donne une couleur ocrassée, et du calcaire à astéries, qui forme la couche sous-jacente.

#### TECHNIQUE DE L'ANALYSE DES TERRAINS.

a) DOSAGE DE L'EAU. — On met 10 grammes du produit finement pulvérisé dans un verre de montre taré. Un séjour de six heures à l'étuve à 100 degrés est suffisant pour le dessécher complètement. On repèse après refroidissement dans un dessiccateur.

b) DOSAGE DU CALCIUM.

1° *Elimination des matières organiques* [10]. — 5 grammes de terre sont débarrassés des produits humiques par calcination. Après refroidissement, le produit est introduit dans un gros tube à essais bien sec en verre pyrex. On ajoute 5 cm<sup>3</sup> d'eau distillée et 7 cm<sup>3</sup> 5 d'acide azotique. Dans le cas de l'argile de décalcification, s'il s'agit du calcaire, on ajoute de l'acide azotique jusqu'à cessation d'effervescence (10 cm<sup>3</sup> environ).

Le tout, après agitation convenable, est porté au bain-marie bouillant en agitant fréquemment pendant une demi-heure.

On retire du bain-marie, on mélange intimement le contenu du tube, que l'on refroidit sous un jet d'eau. On laisse déposer l'insoluble, puis, par simple transvasement, on verse dans un ballon jaugé de 50 cm<sup>3</sup> le liquide surnageant, le ballon étant coiffé d'un petit entonnoir au fond duquel est tassé un peu de coton de verre.

On évite autant que possible d'entraîner les particules solides. On ajoute alors dans le tube 5 cm<sup>3</sup> d'eau; on mélange; on reporte au bain-marie bouillant pendant cinq minutes, on décante à nouveau, comme précédemment, on opère de même trois autres lavages et décantations. On parfait alors avec de l'eau distillée le volume final de 50 cm<sup>3</sup>, puis, après mélange, on prélève 25 cm<sup>3</sup> pour le dosage séparé du calcium et pour le dosage de l'ion phosphorique [8].

2° *Dosage du calcium*. — Pour l'argile de décalcification, 20 cm<sup>3</sup> de la solution azotique sont additionnés d'ammoniaque jusqu'à alcalinité, le fer précipite; on filtre et on lave le précipité; la solution acidifiée par l'acide acétique est complétée à 50 cm<sup>3</sup>. On prélève 25 cm<sup>3</sup> de cette solution (1 g. de terre), dans laquelle le calcium précipité à l'état d'oxalate est dosé à l'aide d'une solution de permanganate N/10.

Dans le cas du calcaire, il suffit de prélever 2 cm<sup>3</sup> de la solution acétique.

c) DOSAGE DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE :

1° *Acide phosphorique total*. — On opère strictement suivant la technique de Denigès : 5 cm<sup>3</sup> de la liqueur azotique évaporés à sec puis calcinés sont repris par 10 cm<sup>3</sup> d'eau bouillante additionnée de II gouttes d'acide sulfurique. On opère sur 5 cm<sup>3</sup> le dosage de l'anhydride phosphorique avec V gouttes de réactif molybdeux pour V gouttes de réactif molybdique et 30 secondes d'ébullition [8] (I) et (III).

2° *Acide phosphorique soluble*. — Nous avons utilisé la méthode des engrais en traitant 10 grammes de terre finement pulvérisée par 100 cm<sup>3</sup> d'eau [8] (I) et (III).

RÉSULTATS OBTENUS.

Calcaire à astéries :

|                                            |                                             |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Humidité .....                             | 9 grammes d'eau par kilogramme de calcaire. |
| Oxyde de Ca.....                           | 411 g. 6 de CaO de calcaire.                |
| P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> soluble..... | Faibles traces.                             |
| P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> total.....   | Traces légèrement inférieures à 0 mg. 1.    |

Argile de décalcification (ou terre rouillée) :

|                                                      |                                |
|------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Humidité .....                                       | 13 g. par kilogramme d'argile. |
| Oxyde de Ca.....                                     | 16 g. par kilogramme d'argile. |
| P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> total et soluble ..... | Traces.                        |

---

II. — LAN... (Gironde).

— Source C... —

Feuille de la Réole [198] de la carte géologique de la Gironde au 1/80.000.

A. — SITUATION GÉOLOGIQUE.

Lan... est une commune composée de deux agglomérations, le Fort et le Pied du Château, éloignées l'une de l'autre d'un

kilomètre environ, mais réunies par les maisons éparses qui jalonnent la route.

La plupart des habitations des deux agglomérations sont construites sur le flanc du promontoire calcaire qui domine la Garonne et le Grand Estey, à l'abri des inondations. Ce promontoire calcaire, découpé dans le plateau de l'Entre-deux-Mers par les vallées de la Garonne et du Grand Estey, appartient à la formation du « *calcaire à astéries* », puissante formation zoogène qui tire son nom des débris de stellérides qu'il contient, indiquée sur la carte géologique par l'indice *m'' c*. Les puissantes assises calcaires irrégulières, souvent arénifères, qui la constituent en général, alternent en quelques points avec des calcaires argileux, des marnes, des argiles et des mollasses calcaires ou siliceuses, dont la présence et les dimensions ne peuvent être soupçonnées et délimitées par l'examen géologique.

Dans les vallées, ce calcaire, mis à nu par l'érosion, se présente sous forme de falaises abruptes ou de croupes généralement recouvertes par des alluvions.

Dans la région de Lan..., les falaises dominant, recouvertes par les graviers de l'Entre-deux-Mers, elles forment l'entablement supérieur des deux vallées. Leur base, recouverte par des éboulis et les alluvions, finit en talus supportant les habitations du village.

Ces falaises sont criblées de *carrières* dont les nombreuses galeries s'enfoncent profondément et servent actuellement à la culture des champignons. De plus, comme le calcaire est fissuré, toutes les sources de la région de Langoiran provenant du calcaire à astéries seront suspectées.

Le calcaire à astéries est surmonté par des argiles de décalcification souvent absentes.

Recouvrant le tout, les *argiles à graviers* de l'Entre-deux-Mers (P<sup>1</sup> sur la carte) s'étendent sur le sommet du plateau.

Ce sont des argiles contenant des sables et des graviers et une prodigieuse quantité de cailloux roulés. L'épaisseur de ce manteau assez homogène peut être évaluée ici à une dizaine de mètres.

Au pied de cette falaise s'étendent les alluvions modernes, sans intérêt pour nous.

#### B. — RESSOURCES HYDROLOGIQUES.

Les eaux pluviales, après avoir traversé la couche relativement perméable du revêtement, donnent diverses nappes aquifères.

L'une, au contact des *argiles de décalcification*, alimente les petites sources temporaires qui couronnent le haut du plateau.

Les autres, situées dans la masse du « calcaire à astéries », peuvent s'y étager suivant les niveaux argileux de celui-ci ou se réunir en une seule nappe localisée soit au contact des couches imperméables de la base du calcaire à astéries (mollasses du Fronsadais et argiles à *ostrea Bersonensis*), soit au niveau de la nappe aquifère qui existe normalement dans les alluvions modernes de la Garonne.

Ces différentes nappes se traduisent en solution de continuité par toute une série de sources.

Mais ces solutions de continuité peuvent être produites par la main de l'homme. C'est ainsi que les carrières et leurs galeries agissent comme de vrais drains naturels et rassemblent l'eau qui imbibe tout le calcaire à astéries.

La source de C... provient d'une galerie de carrière. Celle-ci est située dans la vallée du Grand Estey à une distance approximative de 1 km. 300 de l'agglomération du Fort. Son entrée, placée à mi-falaise, se prolonge par une galerie haute et large dont les murs sont crevassés et fissurés en de nombreux endroits. De nombreuses galeries remblayées traversent le massif.

Le sol de la galerie a été aménagé en aqueduc, recouvert par des déblais, et c'est de cet aqueduc que provient l'eau dont on a envisagé l'emploi. En fait, il ne s'agit pas de sources véritables, mais du drainage d'une galerie.

Le bassin d'alimentation est déplorable en ce sens que la

galerie de la source se trouve au-dessous et à une trentaine de mètres en ligne droite de très vastes carrières encombrées de fumier servant à la culture des champignons. Une grande partie de l'année, ces carrières se remplissent d'eau, et fatalement celle-ci doit s'infiltrer dans les galeries du dessous.

Cependant l'analyse bactériologique de l'eau de la source faite en janvier 1931 s'est montrée favorable, ainsi que l'analyse chimique (V. tab. I). Cela tient à ce que l'épaisseur du calcaire est suffisante pour constituer un bon filtre.

Néanmoins, cette source ne devra pas être captée, car tôt ou tard une fissure actuellement colmatée peut s'ouvrir dans le calcaire.

#### ANALYSE DU SOUS-SOL.

Calcaire à astéries (très friable, se pulvérise très facilement) :

|                                            |                                   |
|--------------------------------------------|-----------------------------------|
| Humidité .....                             | 12 g. 25 par kilogramme d'argile. |
| Calcium exprimé en CaO.                    | 414 g. 5 par kilogramme d'argile. |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total.....   | 400 mg. par kilogramme d'argile.  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> soluble..... | 8 mg. par kilogramme d'argile.    |

Argile de décalcification (couleur brune ocrassée).

|                                            |                                   |
|--------------------------------------------|-----------------------------------|
| Humidité.....                              | 54 g. 8 par kilogramme d'argile.  |
| Calcium exprimé en CaO.                    | 30 g. 8 par kilogramme d'argile.  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total.....   | 550 mmg. par kilogramme d'argile. |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> soluble..... | 95 mmg. par kilogramme d'argile.  |

La production élevée de phosphate indique une contamination du sous-sol par les agents fertilisants des champignonnières.

---

### III. — QU... (Gironde).

— Source du Lavoir. —

Feuille de La Réole de la carte géologique de la Gironde au 1/80.000.

A. — SITUATION GÉOLOGIQUE.

Qu... est situé sur un promontoire du plateau de l'Entre-deux-Mers dominant la Garonne. Le substratum de ce promontoire est constitué par du « calcaire à astéries », qui apparaît dans les vallées des cours d'eau et sur les flancs du promontoire, tantôt en croupes molles, tantôt sous forme de falaises abruptes. Cette formation relativement compacte, plus compacte que le calcaire à astéries de Lan..., et facilement perméable, renferme des parties plus ou moins sableuses et argileuses. Ces dernières se présentent sous forme d'intercalations insoupçonnables à l'examen et de dimensions très variables.

Ce calcaire est indiqué sur la carte géologique de France par sa teinte violette et l'indice *m''c*.

Sur le flanc des collines, il est le plus souvent recouvert par des éboulis provenant des formations sus-jacentes, qui sont d'abord une zone argileuse provenant de la décalcification du « calcaire à astéries ». Cette zone n'est pas continue, elle présente des lacunes, et son épaisseur est de plus variables. Ensuite, les argiles à graviers de l'Entre-deux-Mers (indice *P<sup>1</sup>* de la carte géologique), constituées par des sables, des graviers et des cailloux roulés. L'épaisseur de ce revêtement, qui atteint au maximum 30 mètres d'épaisseur, est ici assez homogène et peut être évaluée à une dizaine de mètres. C'est lui qui constitue le sol de la région, sol planté de vignes et de petits bois, parsemé de champs et de prairies.

B. — RESSOURCES HYDROLOGIQUES.

Les précipitations atmosphériques alimentent dans les endroits en contact avec les argiles superficielles ou de la zone de décalcification les diverses mares temporaires, qui fournissent aux habitants l'eau nécessaire aux travaux champêtres.

Pénétrant dans le sol, l'eau donnera deux nappes aquifères. L'une au contact de la couche perméable et de la zone argi-

leuse de décalcification. Elle fournira les petites sources du pourtour supérieur du plateau.

L'autre, plus profonde, constituera la nappe aquifère du « calcaire à astéries ». Cette nappe peut d'ailleurs se fragmenter, s'étayer suivant les niveaux argileux imperméables rencontrés dans la masse du calcaire, ou se rassembler à la base même du calcaire au contact des marnes à *Ostrea Bersonensis*. Elle pourra donc donner sur le flanc des vallées et aux solutions de continuité divers étages de sources. Disons tout de suite que, sur le territoire de la commune de Qu..., les sources de bases n'existent pas et que, seules, les sources de demi-côtes sont existantes.

#### C. — SOURCE DU LAVOIR.

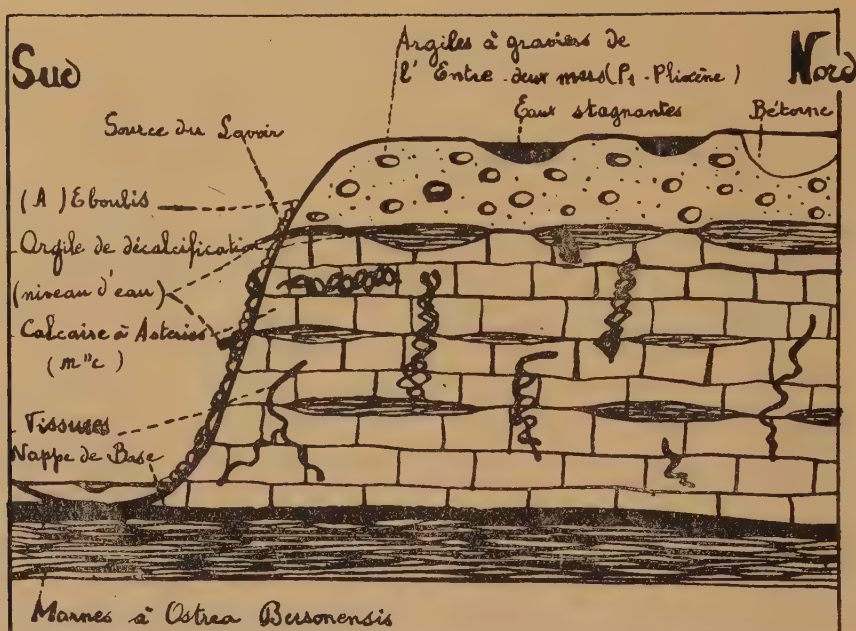
Cette source appartient à la première catégorie. L'émergence est située dans un petit vallon secondaire qui rejoint la vallée du ruisseau du Moulin à une distance d'une centaine de mètres et en contre-bas du village. Elle possède une altitude supérieure à une vingtaine de mètres à celle du ruisseau du Moulin.

Elle provient du flanc sud-ouest de ce vallon, et certainement du « calcaire à astéries », masqué ici par des éboulis. Cette source est captée et se déverse dans un réservoir maçonné à flanc de coteau et fermé par une porte verticale en bois.

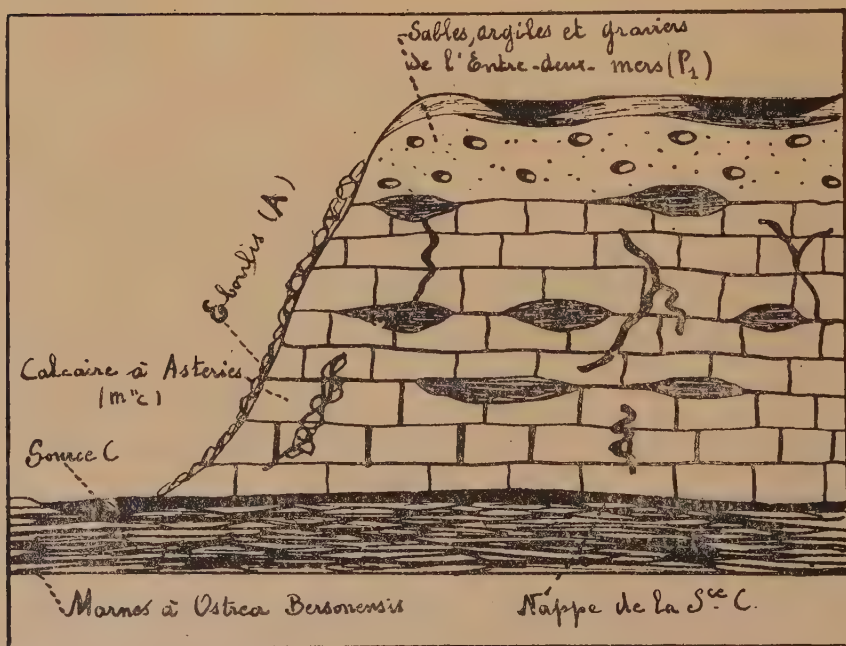
Ce réservoir alimente un grand lavoir situé en contre-bas. L'eau de ce lavoir est constamment limpide et, lors de notre visite (journée froide de février), indiquait, grâce aux vapeurs qui s'en dégageaient, une température bien supérieure à celle de l'atmosphère.

Le bassin d'alimentation est constitué par une partie et le flanc sud-ouest du vallon. Il est couvert de vignes, champs et prairies rarement fertilisés par du fumier, jamais par des engrais phosphatés.

Les habitations y sont relativement nombreuses, mais clair-Fontaine.



Qu... - Source du Savor -



Ca... - Source C. -

semées. La maison la plus rapprochée de la source se trouve à 70 mètres de celle-ci et au-dessus.

L'analyse bactériologique et l'analyse chimique ont montré que cette eau n'était pas contaminée et, par suite, potable, malgré l'excès de sa teneur en sel calcaire (V. tabl. I).

#### ANALYSE DES TERRAINS.

Le terrain a été prélevé dans une carrière de pierres située en amont de la source et montrant les couches géologiques. La terre arable s'y trouve sous une très faible épaisseur : 20 à 30 centimètres, pas plus, recouvrant du calcaire à astéries.

##### a) *Terre arable* :

|                                            |                                          |
|--------------------------------------------|------------------------------------------|
| Humidité .....                             | 51 g. 6 d'eau par kilogramme de terre.   |
| Calcium exprimé en OCa.                    | 484 g. 4 de CaO par kilogramme de terre. |
| P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> total.....   | 14 mg. par kilogramme de terre.          |
| P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> soluble..... | 9 mg. par kilogramme de terre.           |

b) *Calcaire à astéries* : calcaire très blanc, compact, relativement dur à concasser.

|                                            |                                         |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Humidité.....                              | 30 g. 53 d'eau par kilogramme de terre. |
| Calcium exprimé en OCa.                    | 543 g. de CaO par kilogramme de terre.  |
| P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> total.....   | 8 mg. par kilogramme de terre.          |
| P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> soluble..... | Traces faibles, mais non négligeables.  |

Ces résultats, comparés à ceux trouvés pour la Source de Saint-S..., de Ba..., indiquent un léger excédent des phosphates dans les eaux et dans le sous-sol.

Les eaux de Saint-S... en contiennent une quantité négligeable, et celles de Qu... près de 0 mg. 1. Les eaux de Qu..., légèrement plus chargées que celles de St-S... à tous les points de vue (20 coli et 160 germes dans la première, 0 germe dans la seconde), indiqueraient à filtration égale une légère contamination superficielle, suivie d'une épuration suffisante, perceptible cependant à l'analyse des terrains qui ont retenu les éléments de contamination.

#### IV. — CA... (Gironde).

##### — Source C... —

Feuille de La Réole de la Carte géologique de la Gironde au 1/80.000.

##### A. — SITUATION GÉOLOGIQUE.

Ce qui a été dit pour Qu... pourrait se redire pour Ca..., situé à côté de Qu..., sur le même éperon du plateau de l'Entre-deux-Mers. Mais, dans cette région, il n'existe pas de sources étagées aux flancs des coteaux, il n'y a qu'une zone aquifère, qui donne en son niveau le plus bas, et par conséquent au niveau des ruisseaux, les principales sources de la région.

##### B. — SOURCE C...

Cette source est située à 1.500 mètres à l'est du centre de l'agglomération, dans les vallées, au niveau et à 5 mètres du ruisseau du Moulin. Elle provient du flanc sud de l'Eperon de Camblane et certainement du calcaire à astéries, recouvert ici par des éboulis.

Elle est grossièrement captée et se déverse dans un petit réservoir maçonné à ciel ouvert. L'eau de ce réservoir est constamment limpide et a une température supérieure à la température ambiante.

Quant à la qualité de cette eau, la grande épaisseur des sédiments traversés, dont certaines parties homogènes constituent des filtres efficaces, la pureté de l'eau malgré les pluies, la température et le débit constant qui a été jaugé sont des facteurs qui nous permettent d'éliminer la nature vaclusienne de cette eau.

Le bassin d'alimentation est constitué par une partie de l'éperon de Ca... et son flanc sud. Il est couvert de vignes et de prairies. Les habitations sont très espacées, et la mai-

son de C... la plus proche est située à une centaine de mètres du nord de la source.

L'enquête géologique, l'examen chimique et bactériologique sont favorables, mais nous n'avons pas pu faire de prélèvement de terrains (qui nous aurait sans doute donné le même résultat que pour Qu...) par suite de l'épaisseur des éboulis.



## CONCLUSIONS

---

I. — Dans les terrains calcaires, l'acide phosphorique précipite à l'état de phosphate tricalcique; son absence n'est, en aucune manière, une preuve de non-pollution.

II. — On peut considérer comme suspecte une eau contenant plus de 0 mg. 2 de  $P_2O_5$ , et mauvaise si elle renferme plus de 0 mg. 3, sauf pour les eaux fortement minéralisées.

III. — Les examens des sources de Ba..., Qu..., Ca., et Lan..., en Gironde, nous ont donné les résultats suivants :

|                                          | Ba        |                                | Lan             | Qu        | Ca        |
|------------------------------------------|-----------|--------------------------------|-----------------|-----------|-----------|
|                                          | Sce St-S  | Sce Fon                        |                 |           |           |
| Analyse bactériologique.....             | bonne     | bonne                          | bonne           | bonne     | bonne     |
| Analyse chimique...                      | bonne     | mauvaise<br>4 mg 7 de $P_2O_5$ | bonne           | bonne     | bonne     |
| Enquête géologique.                      | favorable | défavorable                    | défavorable     | favorable | favorable |
| $P_2O_5$ dans les terrains calcaires.... | traces    | »                              | grande quantité | 8mg       | »         |
| Avis.....                                | favorable | défavorable                    | défavorable     | favorable | favorable |

Ce simple tableau met en évidence la nécessité absolue d'une enquête géologique, suivie d'un examen chimique et bactériologique que vient de confirmer l'analyse du sous-sol

traversé. Nous ne saurions trop insister sur la nécessité de les associer.

« On fait jouer un trop grand rôle aux recherches de laboratoire, tandis qu'on néglige trop l'étude sur place, sans doute parce qu'elle est, soit plus coûteuse, soit plus difficile. Il est en effet plus commode de rechercher au laboratoire, par des méthodes bien déterminées, l'ammoniaque, les nitrites, etc., que de parcourir le pays, une carte géologique à la main, pour connaître la provenance de l'eau. Un jugement basé uniquement sur les données du laboratoire n'est souvent qu'un non-sens et une auto-suggestion. » (D. Gartner [15].)

Vu : *Le Doyen,*

C. SIGALAS.

Vu, BON A IMPRIMER :

*Le Président,*

CHELLE.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Bordeaux, le 24 juin 1932.

*Le Recteur de l'Académie,*

F. DUMAS.

---

## INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

---

- (1) ARLOING (F.) et DUFOURT (A.). — Teneur en colibacilles et épuration colibacillaire spontanée des eaux du Rhône. *Ann. d'hyg. publ.*, juin 1931, p. 317.
- (2) BLANQUINQUE. — Les eaux potables dans les terrains calcaires. *Rev. gén. de clin. et de thérap.*, Paris, 1904, XVIII, 242-244.
- (3) BROUARDEL et MOSNY. — Traité d'hygiène : Le sol et l'eau, par Delaunay et Martel, Ed. Bonjean et Ogier, Paris, 1906, Baillière et fils, p. 30, 304, 343, 357.
- (4) CAMEROUN (F. K.) et HURST (L. A.). — The action upon certain slightly soluble phosphates. *Journ Am. Cim. Soc.*, Easton, Paris, 1904, XXVI, p. 885, 913.
- (5) CLAUDE (Dominique). — Contribution à l'étude des phosphates de calcium et de l'acide phosphorique. Thèse de l'Université des Sciences, Strasbourg, 1930.
- (6) CONGRÈS international d'hygiène et de démographie, 4 août 1889, Destruction des germes pathogènes par le sol, p. 457.
- (7) CONGRÈS d'hygiène 1902. — Compte rendu, p. 40.
- (8) DENIGÈS (G.). — I. Précis de chimie analytique, Paris, 1920, Maloine et fils, p. 1037.  
II. *Bull. de la Soc. de phar. de Bordeaux*, 1928, t. I, p. 3.  
Dosage des phosphates par la céruléo-molybdimétrie.  
III. *Ann. de chimie*, X<sup>e</sup> série, t. XIII, avril 1930. La céruléo-molybdimétrie.

- (9) DENIGÈS (G.), CHELLE (L.) et LABAT (A.). — Précis de chimie analytique, Paris, 1931, Maloine et fils, t. II, p. 343 à 360.
- (10) DUFILHO. *Bull. des travaux de la Soc. de phar. de Bordeaux*, 1931, n° 1. Dosage du magnésium dans les terres.
- (11) DIENERT (M.-A.). — I. Captage et protection des sources. Adsorption par le sol. *Ann. d'hyg.*, t. I, 1923, p. 581.  
II. Surveillance des eaux d'alimentation. Analyse chimique et bactériologique. *Ann. d'hyg. publ.* t. III, 1923, p. 331.  
III. Analyse bactériologique de l'eau. Méthodes françaises et étrangères. *Ann. d'hyg. publ.*, t. V, nov. 1927, p. 645.
- (12) DIENERT (M.-A.). — Alimentation en eaux des villes de France et de l'étranger. *Ann. des serv. d'hyg. de la ville de Paris*, 1925.
- (13) DOPFER et SACQUEPEE. — Précis de bactériologie, Baillière et fils, Paris, 1927, p. 1318.
- (14) FAURE. — Analyse chimique des eaux du département de la Gironde, 1853.
- (15) GARTNER (D. — Zeitschrift für Hygiène, t. LVII, analysé par Imbeaux. *Revue d'hygiène*, p. 384, avril 1911.
- (16) GAUTIE (E.). — Les eaux dans les terrains calcaires. Thèse Toulouse, 1911.
- (17) GIRARD (R.). — Recherches microbiologiques sur les eaux artésiennes de la région bordelaise, Bordeaux, 1925.
- (18) GUILLERD (A.). — I. Notions d'hydrologie appliquées à l'hygiène publique. Bactériologie des eaux. Paris, Liège, Béranger, 1922.  
II. Périmètre de protection des eaux potables au point de vue hydrogéologique. Etude physique et chimique. *Ann. d'hyg. publ.*, 1924, p. 492-501.  
III. Instructions générales relatives aux eaux d'alimentation. Rédigées par une commission spéciale et approuvées le 2 juin 1924 par le Conseil supérieur d'hygiène. *Ann. d'hyg. publi.*, 1924, p. 618.

- (19) HARVEY (S.). — Phosphoric acide in potable waters. *Analyst.*, London, 1880, p. 197.
- (20) HEHNER (O.). — On phosphoric acide in potable waters. *Analyt.*, London, 1880, p. 135-137.
- (21) JADIN et ASTRUC. — Précis d'hydrologie, de géologie et de minéralogie, Paris 1920, Maloine et fils, p. 85, 148, 495.
- (22) JANET (L.). — I. Etablir au point de vue des exigences de l'hygiène les conditions que doivent remplir les eaux issues des terrains calcaires. Congrès intern. d'hyg. et de démag., Bruxelles, 1903, IV, 32-64.  
II. *Bull. Méd.*, Paris, 1903, XVII, p. 792.
- (23) KLING (A.). — Expertise chimique, t. V: Eau et Air. Analyse chimique par M.-J. Dieudonné (6 bis).
- (24) LAUNAY (L. de). — Géologie de la France. A. Colin, Paris, 1927, in-8°.
- (25) LAVAL (Henri). — Contribution à l'étude de la nappe aquifère des sables pliocènes de Montpellier et de la nappe acquifère des alluvions, quaternaires de la basse vallée du Lez. Fac. de pharm. Montpellier, 1925.
- (26) LINCOLN (A. T.) et BARKER (P.). — Détermination of phosphates in natural waters. *Journ. Am. Chem. Soc. Easton*, Paris, 1904, XXVI, p. 975-980.
- (27) LOBSTEIN. — Cours de géologie et d'hydrologie. Fac. de Pharm. de Strasbourg, année 1929-1930.
- (28) MARTEL (E.-A.). — L'hydrogéologie. Extrait de « La Géographie », de Martel-Daubrée : Les eaux souterraines. *Ann. de l'hydraulique agricole*, t. XXXVII, 1929.
- (29) MARTEL (E.-A.). — Nouveau traité des eaux souterraines, Paris, Doin, 1921, in-8°.
- (30) MIQUEL (Dr). — Manuel pratique d'analyse bactériologique des eaux, Paris, 1897.
- (31) MOLLIEUX. — Analyse chimique des eaux potables, 1924, Paris. E. Le François, p. 71. Interprétation des résultats.

- (32) OHLMULLER (Dr. W.). — Guide pratique pour l'analyse de l'eau. Analyse chimique, micrographique et bactériologique, traduit d'après la 2<sup>e</sup> édit., allemande par L. Gautier, p. 269.
- (33) ROUX. — Précis d'analyse bactériologique des eaux, Paris, 1892.
- (34) TOUPLAIN (F.). — Analyse générale des eaux, 1922, Paris et Liège. Cf. Béranger. Librairie polytechnique.
- (35) WEST-KNIGHTS (J.). — On the estimation of phosphoric acid in potable waters. *Analyst.*, London, 1880, v. 193.
- (36) WOODMAN (A. G.) et CAYVAN (L.-L.). — The determination of phosphates in potable waters. *Journ. Am. Chem. Soc. Easton*, Paris, 1901, XXXIII, 96-107.
- (37) ZUNE (A.-J.). — Traité d'analyse chimique, micrographique et microbiologique des eaux potables (2<sup>e</sup> édit. revue et augmentée par Ed. Bonjean). Paris, Doin, 1906, p. 245, p. 323.
-

## TABLE DES MATIÈRES

---

|                                                                                                                                                 | Pages |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| AVANT-PROPOS .....                                                                                                                              | 9     |
| INTRODUCTION .....                                                                                                                              | 11    |
| CHAPITRE I. — <i>Etude géologique du Bassin d'Aquitaine</i> .....                                                                               | 14    |
| CHAPITRE II. — <i>Action physique et chimique de l'eau dans les ter-</i><br><i>rains</i> .....                                                  | 18    |
| Contamination et épuration .....                                                                                                                | 18    |
| CHAPITRE III. — <i>Analyse bactériologique</i> .....                                                                                            | 22    |
| CHAPITRE IV. — <i>Analyse chimique et interprétation</i> .....                                                                                  | 29    |
| CHAPITRE V. — <i>Résultats et interprétation</i> .....                                                                                          | 37    |
| CHAPITRE VI. — <i>Etude hydrogéologique se rapportant à quelques</i><br><i>sources. Recherche de l'acide phosphorique dans le sous-sol</i> .... | 43    |
| Comparaison des résultats .....                                                                                                                 | 48    |
| CONCLUSIONS .....                                                                                                                               | 59    |
| INDEX BIBLIOGRAPHIQUE .....                                                                                                                     | 61    |









